



Rafael Lopes Duarte Carrilho

Licenciatura em Ciências de Engenharia Química e Bioquímica

**Digitalização e Análise de Performance
Online na Refinação**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Dr^o Nuno Garrido, Responsável de Análise de
Performance e Processamento de Dados, Galp

Co-orientador: Dr^o Mário Eusébio, Professor Auxiliar, FCT-NOVA



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

junho, 2018

Rafael Lopes Duarte Carrilho

Licenciatura em Ciências de Engenharia Química e Bioquímica

Digitalização e Análise de Performance *Online* na Refinação

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Dr^o Nuno Garrido, Responsável de Análise de
Performance e Processamento de Dados, Galp

Co-orientador: Dr^o Mário Eusébio, Professor Auxiliar, FCT-NOVA

junho, 2018

Digitalização e Análise de Performance *Online* na Refinação

Copyright © Rafael Lopes Duarte Carrilho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Esta empolgante fase final do meu percurso académico foi possível graças a certas pessoas que, muitas vezes colocando os meus interesses à frente dos seus, me ajudaram a ultrapassar todos os obstáculos que surgiram.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Galp, e mais nomeadamente à Refinaria de Sines pela oportunidade e recursos disponibilizados.

Gostaria de agradecer ao orientador da presente dissertação, Nuno Garrido, pela forma como me recebeu na equipa e pela grande disponibilidade demonstrada ao longo da realização deste trabalho, assim como pelo companheirismo e apoio.

Ao co-orientador da presente dissertação, Professor Mário Eusébio, por todos os ensinamentos ao longo deste trabalho e das cadeiras de projeto, o espírito crítico e as sugestões, que me ajudaram a crescer e a desenvolver um melhor trabalho.

A toda a área de Análise de Performance e Processamento de Dados: à Mónica Carvalho, Isabel Flores, Pedro Antunes, Pedro Pinela, Vanda Paleta, António Pinto, Liliana Faria, Juliana Almeida e Luís Rodrigues; fica o meu grande agradecimento por me terem integrado de forma tão positiva na equipa e fazer-me sentir verdadeiramente um elemento, tanto em situações profissionais como em situações mais casuais.

A toda a Área de Tecnologia e Conceção da Refinação, fica o meu agradecimento por todo o material didático proporcionado e pela predisposição em ajudar.

A quem me acompanhou de forma mais pessoal dentro da Refinaria e me ajudou a atingir as metas a que me propus, motivando-me constantemente para o trabalho a realizar, fica o meu agradecimento à Manuela Sevinete, Ana Isabel Rita e à Daniela Souza por todo o apoio.

À Daniela Parreirinha, minha namorada e melhor amiga, por todo o apoio mútuo que demos um ao outro nesta fase das nossas vidas, estou eternamente grato.

Aos meus colegas de curso e amigos que, tendo ou não passado esta fase final da dissertação de mestrado, me apoiaram e ampararam sempre que necessário, fica o meu sincero agradecimento.

Finalmente, gostaria de agradecer à minha família, pois sem o verdadeiro apoio deles, este trabalho nunca poderia ser realizado.

*To go wrong in one's own way is better
than to go right in someone else's.
-Fiódor Dostoiévski*

RESUMO

Nos dias de hoje, a indústria da refinação tem como um dos seus grandes desafios tirar mais valias do grande fluxo de dados gerados no processo e, de uma forma mais específica, dos dados *online* ou em tempo real, havendo a necessidade de criar ferramentas que trabalhem esses dados e sirvam de apoio à decisão dentro do âmbito da Indústria 4.0. É assim possível aumentar a sensibilidade (*online*) para a performance económica dos processos e operações da Refinaria de Sines, nomeadamente nos recursos humanos mais operacionais, através da criação de ferramentas ou *dashboards* que indiquem dados da performance económica das diferentes unidades da refinaria.

A proposta de resolução passa pela criação de uma ferramenta transversal e acessível, recorrendo aos *softwares* Microsoft Excel, Visual Basic for Applications e Aspen Process Explorer, e implementando sub-rotinas que permitam a importação e exportação dos dados de planos de produção e valorização de correntes para as diferentes unidades processuais de forma automatizada. A metodologia desenvolvida passou por monitorizar *Online* as unidades, posteriormente criar *dashboards* com o modelo de performance económica correspondente a cada unidade e aplicar uma análise mensal que sirva de apoio à otimização do planeamento futuro, tendo por base uma análise *Real (Online) vs Plano*.

A ferramenta SOP - *Sines' Online Performance*, desenvolvida no âmbito da presente dissertação, permite não só analisar os dados económicos da unidade como um todo, mas também os de cada corrente, assim como os dados físicos mais importantes - tais como consumos energéticos e perdas - e até dados típicos de cada unidade, que sirvam de indicador ao operador.

Através da realização de uma análise mensal às principais unidades e comparação com o balanço contabilístico real, é possível identificar quais os *gaps* económicos face ao planeado e ainda determinar qual o erro associado aos modelos desenvolvidos, em média. Associando uma análise de sensibilidade, é possível ainda identificar quais as variáveis processuais a alterar para colmatar os *gaps* identificados anteriormente.

Palavras-chave: Digitalização, Indústria 4.0, Performance Económica, SOP, Modelos Económicos

ABSTRACT

Nowadays, the refining industry has as one of its greatest challenges to take advantage of the large flow of data generated in the process and, more specifically, in the online (real time) data, and create tools to work on this data and support decision making within the framework of Industry 4.0. It is thus possible to increase the sensitivity (online) for the economic performance of the processes and operations of the Sines Refinery, namely in the more operational human resources, through the creation of tools or dashboards that indicate economic performance data of the refinery units.

The proposed resolution involves the creation of a cross-sectional and accessible tool, using Microsoft Excel, Visual Basic for Applications and Aspen Process Explorer and implementing subroutines that allow importing and exporting data from production plans and the valorization of streams to the different units. The developed methodology was to online monitor the units then create dashboards with the economic performance model corresponding to each unit and to apply a monthly analysis that would support the optimization of the future planning, based on a real vs planned analysis.

The tool SOP - Sines' Online Performance developed within the framework of this masters' thesis allows not only to analyze the economic data of the unit as a whole but also the data of each stream, as well as the most important physical data - such as energy consumption and losses - and even typical data of each unit, which serves as an operational indicator.

By conducting a monthly analysis of the main units and comparing them with the actual balance sheet, it's possible to identify the economic gaps when compared to the plan and calculate the error associated with the developed models, on average. By doing a sensitivity analysis, it's also possible to identify which process variables to change to bridge the gaps identified earlier.

Keywords: Digitalisation, Industry 4.0, Economic Performance, SOP, Economic Models

ÍNDICE

Siglas	xxi
1 Enquadramento e Motivação	1
2 Revisão Bibliográfica	3
2.1 Indústria 4.0	3
2.1.1 Níveis de Maturidade da Indústria 4.0	6
2.1.2 <i>Industrial Internet of Things</i>	7
2.1.3 <i>Cyber Physical Systems</i>	8
2.1.4 RAMI 4.0	8
2.2 Monitorização de Performance Económica em Indústrias	10
2.2.1 <i>Performance Dashboard</i>	10
2.2.2 <i>Business Intelligence</i>	10
2.2.3 Periodicidade de Monitorização	12
2.3 Construção de Interfaces	12
3 Refinaria de Sines	15
3.1 Unidades Processuais	15
3.2 Configurações e Margens de Refinação	17
3.2.1 Margens Económicas e Cálculos Associados	18
4 Metodologia	21
4.1 Pressupostos e Objetivos	21
4.2 Criação de sub-rotinas e automatização do processo	24
4.2.1 Detecção do Plano de Produção em vigor	25
4.2.2 Determinação da hora de alteração do Plano de Produção	27
4.2.3 Detecção dos preços mensais em vigor	29
5 SOP - Sines' Online Performance	33
5.1 Cálculo de Margens Económicas	33
5.1.1 Alteração do Plano de Produção	36
5.1.2 Consumos Energéticos	37
5.1.3 Consulta de Dados Históricos	38

5.2	Visualização e Resultados	38
5.3	Caso de Estudo: Resultados dos meses de março e abril	46
5.3.1	Abordagem utilizada	46
5.3.2	Análise Mensal: Resultados obtidos para <i>FCC, HC, PP</i> e <i>ALK</i>	48
5.3.3	Erro do Modelo Online face ao Balanço de Produção	54
5.4	Análise de Sensibilidade	57
5.4.1	Análise à Carga	57
5.4.2	Análise aos Rendimentos Obtidos	59
6	Conclusões e Perspectivas Futuras	63
6.1	Futuro da Digitalização	64
6.1.1	Indústria 5.0	64
6.1.2	Sociedade 5.0	65
	Bibliografia	67
A	Código VBA	73
B	Visualização e Opções em Excel	75
C	Análise Mensal e Análise de Sensibilidade	77
I	Instruções de Utilização/Manutenção da ferramenta <i>SOP</i>	79
I.1	Início de Utilização da Ferramenta	79
I.2	Manutenção/Deteção de Erros Comuns	80
I.3	Desenvolvimento Futuro	81

LISTA DE FIGURAS

2.1	Revoluções Industriais ao longo do tempo. Adaptado de: [2]	4
2.2	Níveis de Maturação da Indústria 4.0. Adaptado de: [15]	6
2.3	Esquema geral do RAMI 4.0. Adaptado de: [24]	9
2.4	Conceito de <i>Business Intelligence</i> . Adaptado de: [30]	11
3.1	Refinaria de Sines [44]	15
3.2	Esquema geral dos processos da Refinaria de Sines [45]	16
3.3	Representação da unidade de Destilação Atmosférica	19
4.1	Funcionamento do Programa do ponto de vista do utilizador ¹	23
4.2	Arquitetura do programa relativamente às tarefas de automatização	24
4.3	Fluxograma de funcionamento da sub-rotina <i>AllFiles</i>	26
4.4	Fluxograma de funcionamento da sub-rotina <i>GetPrices</i>	29
4.5	Funcionamento geral da ferramenta SOP - <i>Sines' Online Performance</i>	31
5.1	Esquema representativo do período de análise ao tanque pulmão - TK250	36
5.2	Menu inicial da ferramenta SOP: a) Seleção de consulta em tempo real ou dados históricos; b) Botões de atualização/manutenção; c) Escolha da unidade e intervalo de tempo a consultar; d) Botão para aceder ao <i>dashboard</i> tendo em conta as opções selecionadas	39
5.3	<i>Dashboard</i> da unidade de Destilação Atmosférica: a) Esquema da unidade; b) Margens unitárias e valores típicos; c) Representação gráfica da margem horária; d) Menu de navegação	41
5.4	<i>Dashboard</i> da unidade de FCC	43
5.5	<i>Dashboard</i> da unidade de <i>Hydrocracking</i>	44
5.6	<i>Dashboard</i> da unidade de <i>Platforming</i>	44
5.7	<i>Dashboard</i> da unidade de Alquilação	45
5.8	Abordagem para a análise aos resultados obtidos	47
5.9	Resultados obtidos para a unidade de FCC no mês de março de 2018	49
5.10	Resultados obtidos para a unidade de FCC no mês de abril de 2018	50
5.11	Resultados obtidos para a unidade de <i>Hydrocracking</i> no mês de março de 2018	51
5.12	Resultados obtidos para a unidade de <i>Hydrocracking</i> no mês de abril de 2018	52
5.13	Resultados obtidos para a unidade de <i>Platforming</i> no mês de março de 2018	53

5.14	Resultados obtidos para a unidade de <i>Platforming</i> no mês de abril de 2018 . .	53
5.15	Resultados obtidos para a unidade de Alquilação no mês de março de 2018 .	54
5.16	Resultados obtidos para a unidade de Alquilação no mês de abril de 2018 . .	54
5.17	Desvio de margem online e balanço de produção em relação ao plano para a unidade de FCC no mês de abril de 2018	56
5.18	Desvio de margem online e balanço de produção em relação ao plano para a unidade de <i>Platforming</i> no mês de abril de 2018	56
I.1	Arquitetura do programa relativamente às tarefas de automatização	80

LISTA DE TABELAS

4.1	Análise dos PP do ficheiro <i>Funções Leitura</i> para o mês de fevereiro de 2018 . . .	28
5.1	Correntes consideradas para cada unidade processual	34
5.2	Resultados obtidos para os <i>gaps</i> económicos nos meses de março e abril em percentagem	48
5.3	Erro médio em percentagem de cada unidade nos meses de março e abril de 2018	55
5.4	Resultados obtidos para a carga ao FCC em milhares de toneladas nos meses de março e abril de 2018	58
5.5	Resultados obtidos para a carga ao <i>Hydrocracker</i> em milhares de toneladas nos meses de março e abril de 2018	59
5.6	Rendimentos obtidos para a unidade de FCC nos meses de março e abril de 2018	60
5.7	Rendimentos obtidos para a unidade de <i>Hydrocracking</i> nos meses de março e abril de 2018	61

SIGLAS

AI	<i>Artificial Intelligence.</i>
BalProd	Balanço de Produção.
BAM	<i>Business Activity Monitoring.</i>
BI	<i>Business Intelligence.</i>
BPM	<i>Business Performance Measurement.</i>
CeBIT	<i>Computer Electronics Bureau Information and Telecommunication.</i>
CFO	<i>Chief Financial Officer.</i>
CPS	<i>Cyber-Physical System.</i>
DSS	<i>Decision Support System.</i>
FCC	<i>Fluid Catalytic Cracking.</i>
GE	<i>General Electronics.</i>
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito.
HC	<i>Hydrocracking.</i>
HD	Hidrodessulfuração de Destilados Médios.
HG	Hidrodessulfuração de Gasóleos.
HMI	<i>Human Machine Interface.</i>
HV	Hidrodessulfuração de Gasóleo de Vácuo.
IIoT	<i>Industrial Internet of Things.</i>
IOI	Instruções Operativas Integradas.
IoT	<i>Internet of Things.</i>
IP	<i>Internet Protocol.</i>
IT	<i>Information Technology.</i>

SIGLAS

MEROX	<i>Mercaptan Oxidation.</i>
MON	<i>Motor Octane Number.</i>
OPEX	<i>Operational Expenditure.</i>
PetroBras	<i>Petróleo Brasileiro S.A.</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto.</i>
PID	<i>Piping and Instrumentation Diagram.</i>
PM	<i>Plano Mensal.</i>
PP	<i>Plano de Produção.</i>
RAMI	<i>Reference Architectural Model for Industry.</i>
RON	<i>Research Octane Number.</i>
TAN	<i>Total Acid Number.</i>
UI	<i>User Interface Design.</i>
UX	<i>User Experience Design.</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications.</i>
VGO	<i>Vacuum Gas Oil.</i>



ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

Esta dissertação de mestrado insere-se na área organizacional de Análise de Performance e Processamento de Dados da Refinação, tendo sido realizada Refinaria de Sines.

Complexos industriais como o da refinaria de Sines lidam atualmente com níveis de informação extremamente complexos e, em certos casos, não existem ainda ferramentas que permitam a interpretação *online* e adequada desses resultados. Surge então, neste âmbito, o desafio de digitalizar algumas das atividades realizadas na refinaria assim como indicadores de performance, com o objetivo de acelerar e melhorar a interpretação dos dados obtidos e, por fim, promover e melhor suportar a tomada de decisões.

No caso da área de Análise de Performance e Processamento de Dados, atualmente o *feedback* dado relativamente à análise dos indicadores de performance operacional é feito periodicamente e tipicamente *a posteriori*, o que significa que não é transmitido aos colaboradores das unidades processuais o resultado do seu desempenho, em tempo real. Apesar de atualmente os dados serem mais detalhados e mais exatos, não permitem o adequado tempo de resposta a eventuais desvios que possam estar a ocorrer na performance operacional das unidades *in loco*.

Nesta dissertação de mestrado é proposta uma possível resolução desta problemática, através da criação de uma ferramenta online, na qual seja possível consultar as tendências de performance económica de cada uma das principais unidades processuais, com base em valores em tempo real, aumentando assim não só a capacidade de resposta dos operadores das unidades, como também a sua sensibilidade para a margem (económica) potencial de cada unidade e para o seu possível impacto noutras unidades. Será assim possível aos responsáveis pelas unidades aceder a valores atualizados de forma contínua e imediata, para consulta sempre que seja necessário.

A plataforma online a ser desenvolvida no âmbito da presente dissertação visa ser implementada em diferentes unidades, em contexto real. Enquadra-se num dos pontos-chave da estratégia da refinação enquanto parte da empresa Galp, no tópico da Eficiência de Processos, mais concretamente em *Business Intelligence*, servindo assim como uma ferramenta de suporte à decisão e otimização económica das unidades.

O desenvolvimento desta plataforma demonstra ser um projeto ambicioso e, se bem-sucedido, uma ferramenta útil para quem trabalha diariamente na condução das unidades ter maior conhecimento e mais informação relativamente aos dados de performance em tempo real, bem como ter uma avaliação tendencial do desempenho da unidade em questão. Por fim, pode ainda ajudar a agilizar a decisão de alterações do plano de produção, em função de variações de preços ou de desvios ao ótimo operacional das unidades.

Adicionalmente, com a ferramenta implementada, é também possível verificar *gaps* de performance acumulados, assim como indicar possíveis estratégias de maximização da performance operacional, identificando as variáveis processuais que influenciaram esses mesmos *gaps* económicos.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria 4.0

A digitalização da refinação é um dos principais focos nos dias que correm para esta indústria, e tem como objetivo melhorar a compreensão dos grandes fluxos de dados que são possíveis gerar, mas para os quais podem ainda não existir ferramentas que os processem. Esta informação é designada por *raw data*, e nos últimos anos tem sido realizado o esforço de criar uma rede que inclua estes dados (ESB - *Enterprise Service Bus*, *Data Lake*, Plataforma IOI), permitindo avaliar de forma mais rápida e coerente a performance de determinado sistema ou unidade processual e criando oportunidades de melhorar a fiabilidade e margem de refinação comparando com os sistemas isolados que existem numa refinaria tradicional [1].

A tendência da digitalização está relacionada com o paradigma da Indústria 4.0, que é vista como a quarta grande revolução industrial, contextualizada na figura 2.1, apontando para indústrias com sistemas integrados e soluções inteligentes que permitem visibilidade e análise preditiva em tempo real [3]. Uma das premissas da Indústria 4.0 é a da integração de recursos, informação, materiais e recursos humanos para formular um sistema *cyber-physical* (CPS) [4]. Grandes complexos industriais como as refinarias são dos melhores exemplos para ser aplicado o conceito de Indústria 4.0, devido à vasta quantidade de dados gerados pelos sensores e medidores em tempo real [5].

De acordo com o Parlamento Europeu, a Indústria 4.0 designa-se como o termo aplicado a um grupo de rápidas transformações no *design*, produção, operação e serviços de criação de sistemas e produtos, através da ligação digital das diferentes unidades participativas no processo de produção, criando uma cadeia de valor integrada de valor acrescido. Através da implementação dos valores transmitidos da Indústria 4.0, é possível aumentar a flexibilidade na produção assim como aumentar a personalização de produtos

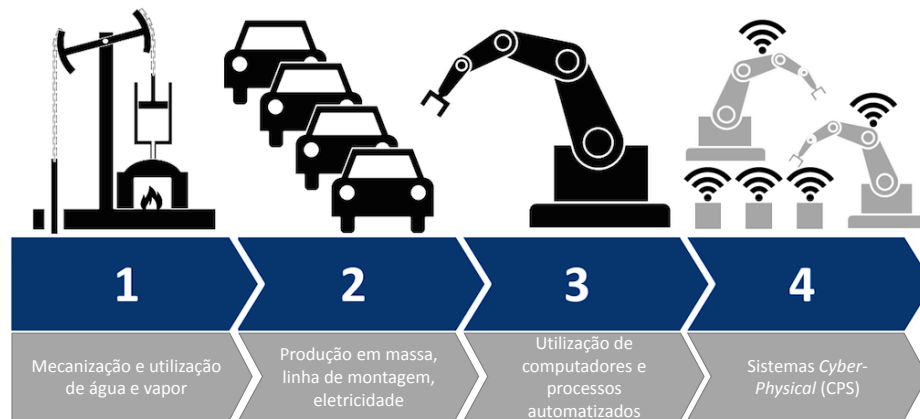


Figura 2.1: Revoluções Industriais ao longo do tempo. Adaptado de: [2]

em massa, devido à facilidade e rapidez com que se podem configurar os equipamentos para alterar as especificações de produção, bem como no caso da refinação, maximizar a eficiência operacional das diferentes unidades processuais [6, 7].

Podem-se identificar sete princípios como guia para o sucesso na implementação de *smart factories* e sistemas de produção inteligentes no âmbito do desenvolvimento da Indústria 4.0, sendo:

1. Interoperabilidade - comunicação entre sistemas, informação e pessoas CPS, permitindo trocas de informação facilitadas entre processos e interfaces;
2. Tempo Real - leituras imediatas de dados de processo, permitindo melhorar capacidade de decisão em tempo real;
3. *Data Ingestion* - agregar e uniformizar a *raw data* obtida, de forma a poder passar à sua transformação em informação propriamente dita;
4. Digitalização - permitir monitorização remota dos processos através de sensores espalhados pelas zonas chave das unidades processuais;
5. Descentralização - os CPS estão distribuídos de acordo com as necessidades de produção, originando capacidades de decisão em tempo real; assim, os módulos de produção inteligente vão trabalhar de forma separada e descentralizada para melhorar a eficiência dos processos de produção;
6. Orientação Metodológica - utilização de arquiteturas de *software* orientadas para o serviço, de acordo com o conceito *Industrial Internet of Things*;
7. Produção por Modelos - produção de acordo com a procura e consumo, permitindo maior flexibilidade e mudança de tarefas mais acessível, tanto para os equipamentos como para os colaboradores [8, 9].

Com a digitalização e transmissão constante de dados de sensores e medidores é possível, geralmente, aumentar a qualidade do produto. Em vez de se realizarem testes de qualidade em amostras, é possível para as empresas fazer análises de especificações dos produtos em linha em tempo real e, utilizando dispositivos de detecção de erros e de ações corretivas, auto-ajustar as condições dos processos de produção para corrigir estes mesmos erros. Um exemplo dos efeitos de integração e digitalização de sistemas é o da unidade industrial da *Siemens* em *Amberg*, Alemanha, a qual já é considerada uma *smart factory* e possui sistemas digitais interligados para a produção e distribuição de cerca de 950 produtos com mais de 50,000 variações e personalizações. Após renovação da unidade para o paradigma da Indústria 4.0, passou de 500 defeitos em cada 1 milhão de peças para apenas 15 defeitos por cada milhão de peças [10].

De uma forma geral, a Indústria 4.0 está a ter um grande impacto na economia mundial. Estima-se que, no espaço de tempo de 10 anos, a sua contribuição seja de 1% por ano para o PIB (Produto Interno Bruto) da Alemanha (país que deu origem ao termo), criando até 390 mil postos de emprego. É ainda previsto que o investimento global nesta área atinja os 500 mil milhões de dólares em 2020 [11, 12].

Outro grande indicador das vantagens da utilização de sistemas relacionados com a Indústria 4.0, como análises avançadas em programas preditivos de manutenção, é a produtividade. Empresas de *manufacturing* que utilizem este tipo de sistemas podem reduzir o tempo de paragem até de 50% e aumentar a eficiência da sua produção em 20%. Através do uso da automação e digitalização, empresas podem produzir continuamente ainda que os colaboradores já estejam fora da área e horário de trabalho, permitindo também melhor gestão de recursos humanos [6, 7].

De uma forma mais específica, no setor de *Oil & Gas*, cerca de 35% das empresas afirmam que as três principais áreas de investimento são em *Big Data Analytics*, em *IIoT* e em dispositivos móveis. É previsto ainda que a digitalização do setor de *Oil & Gas* tenha um valor entre 1,6 e 2,5 biliões de dólares para a indústria, os seus clientes e sociedade na próxima década, tendo como principais áreas de iniciativa [13]:

- Gestão do ciclo de vida de ativos de forma digital - a combinação de novas tecnologias com leitura de grandes quantidades de dados permite transformar forma de operar, pensar e agir na tomada de decisões estratégicas;
- Ecossistema circular e colaborativo - a integração das plataformas digitais promove colaboração de um maior número de participantes, aumentando transparência, velocidade de comunicação e capacidade de resolução de problemas;
- Flexibilidade - experiência personalizada na forma de comunicação com clientes através de novos modelos, abrindo novas oportunidades tanto para colaboradores das empresas de *Oil & Gas* como para os próprios clientes;
- Valorização de novas energias - digitalização de sistemas de energia promovem novas fontes de energia e novos modelos para a otimizar e comercializar, explorando

o impacto das mesmas [13].

2.1.1 Níveis de Maturidade da Indústria 4.0

Com o objetivo de enquadrar o caso de estudo da refinaria, é importante definir os diferentes níveis de maturidade de uma Indústria 4.0 e até mesmo os níveis mais elevados de uma Indústria 3.0 que envolvem a automação dos processos.

Atualmente, o que se verifica a nível global nas empresas é uma intenção de avançar para este tipo de indústria avançada e inteligente, realizando esforços isolados nos diferentes setores de cada empresa. Alguns exemplos destes esforços isolados são a contínua evolução na análise de *Big Data*, o desenvolvimento da robótica e a manutenção preditiva [14].

Na figura 2.2 é possível observar que tipo de abordagens eram utilizadas numa indústria que se identificasse num patamar 3.0, que se relacionava principalmente com a automação e conectividade. Enquanto que na Indústria 3.0 deram-se os primeiros pas-

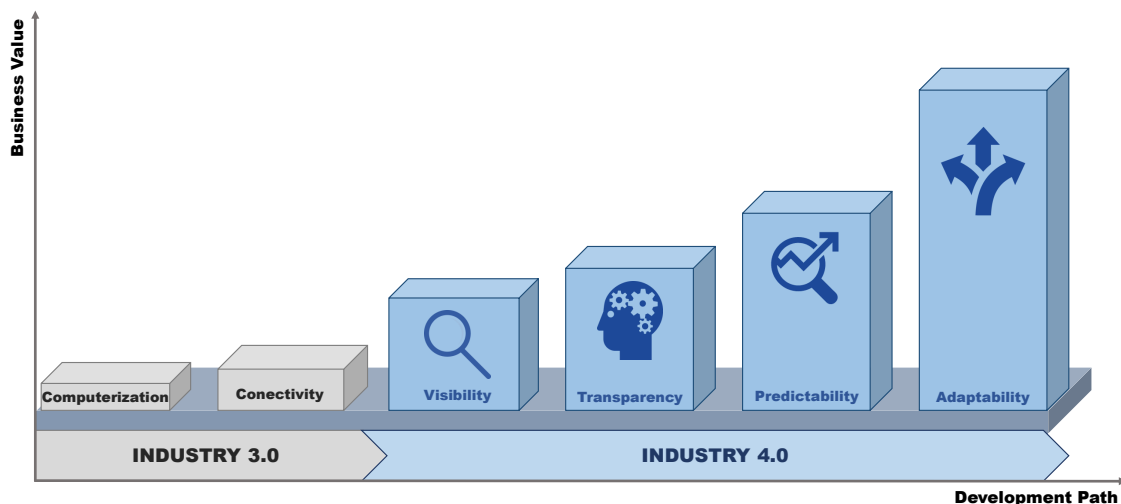


Figura 2.2: Níveis de Maturação da Indústria 4.0. Adaptado de: [15]

sos na implementação de sistemas computacionais e no IT (*Information Technology*), na Indústria 4.0 os objetivos passam pelo aumento da visibilidade, que envolve por exemplo a criação de modelos para toda a unidade industrial através de sensores e medidores que recolham dados em tempo real; transparência, que se relaciona com a análise de *Big Data*; previsibilidade, que visa a criação de ferramentas e *software* que pode ser utilizado, por exemplo, na área de manutenção para substituir equipamentos antes da sua avaria e paragem forçada das unidades industriais; capacidade de adaptação, que está relacionado com a forma como o processo pode reagir a determinadas condições, que podem ser processuais ou até relacionados com a cadeia de distribuição [15].

De uma forma resumida, o desenvolvimento de uma Indústria 4.0 deve seguir os passos representados na figura 2.2 de forma sequencial, e cada um desses passos deve conseguir responder a uma pergunta essencial:

- Visibilidade: o que está a acontecer?
- Transparência: porque está a acontecer?
- Capacidade preditiva: o que vai acontecer?
- Capacidade de adaptação: como reagir autonomamente? (utilizando, por exemplo, mecanismos de *machine learning* e AI) [15, 16]

Dos pontos referidos, a visibilidade e transparência são o *scope* do trabalho realizado, enquanto que a capacidade preditiva e de adaptação fazem parte de uma visão mais futura que pode vir a ser aplicada à ferramenta desenvolvida.

2.1.2 *Industrial Internet of Things*

Relacionado ainda com o tema da digitalização e de indústrias inteligentes, está o termo Industrial IoT ou IIoT (*Industrial Internet of Things*) que está integrado no conceito de *Internet of Things* (IoT). A IoT é uma rede de computadores, objetos e aparelhos como sensores e medidores que recolhem e partilham entre si grandes quantidades de dados, através de um sistema de partilha em *Cloud*. Através deste sistema de partilha, os dados são agregados e devolvidos ao utilizador conforme as suas necessidades [17]. Assim, neste âmbito, a IIoT é vista como um sistema de dispositivos computacionais, máquinas digitais e mecânicas, objetos ou pessoas interligados que têm identificadores únicos e habilidade de transferir *data* para uma rede sem existir interação de humano para humano ou de humano para computador [13].

O termo *Industrial Internet of Things* é muitas vezes confundido com Indústria 4.0 e usado no mesmo contexto, apesar de terem objetivos e origens ligeiramente diferentes. Enquanto que o termo Indústria 4.0 teve origem na Alemanha e tinha maior foco na indústria transformadora ou de produção do próprio país, a IIoT surgiu através da adaptação da IoT cujas origens não são inteiramente conhecidas e foca-se na adaptação e adoção das indústrias às novas tecnologias dentro do conceito, quer sejam de produção, quer sejam de qualquer outro tipo como distribuição, logística, entre outras [18]. Tendo um mercado que se encontra forte e em expansão, os investimentos da indústria da produção representam 57% da aplicação de capital no âmbito da IIoT, que se espera ter um impacto na economia global de cerca de 14,2 biliões de dólares até ao ano 2030 [19, 20].

Com a evolução do paradigma das refinarias para a *Industrial Internet of Things*, a necessidade das mesmas conseguirem processar *Big Data* está diretamente relacionada com este conceito, refletindo assim a importância que a IIoT tem nos complexos industriais de refinação nos dias de hoje [1]. Através de um estudo realizado pela *Accenture* e *GE* em 2014, foi possível concluir que cerca de 87% das empresas de *Oil & Gas* consideram a análise de *Big Data* uma das suas três prioridades de topo, refletindo assim o aumento da importância que a digitalização das atividades de refinação está a ter neste setor [21].

A aplicação e implementação dos sistemas de digitalização de atividades nas refinarias acaba por ser facilitado pelo grande aumento, cerca de cinco vezes mais, de instrumentos de monitorização como medidores e sensores que tem existido nos últimos cinco anos. Este aumento que se verifica na monitorização e medição nas refinarias tem baixo custo devido à descida de preços dos instrumentos e, aliadas às ferramentas criadas através da digitalização, promovem maior eficiência e produtividade nos processos [1].

2.1.3 *Cyber Physical Systems*

De forma semelhante à IIoT, o termo CPS refere-se não só à rede computacional e o sistema de partilha entre elas, mas também à sua coordenação e integração com os recursos físicos e humanos numa indústria, permitindo um nível superior de adaptabilidade, autonomia e eficiência. Tem sido um tema de crescente interesse, sendo designado como "área de investigação chave" nos Estados Unidos da América pela *National Science Foundation* (NSF) desde 2007, ano a partir do qual se realizaram vários *Workshops* e ações de formação com o intuito de promover a utilização destes sistemas nas mais diversas indústrias. No ano de 2010, esta área de investigação foi considerada de importante investimento pelo potencial grande impacto estudado para vários setores de negócio, mais nomeadamente a nível de segurança e competitividade [14, 22, 23].

Os CPS são considerados como o elemento básico da Indústria 4.0 e têm uma série de características que os definem:

- Comunicação - os CPS têm controlo inteligente de sistemas com *software* com capacidade de comunicação, podendo ser interligados numa rede de vários *Cyber Physical Systems*;
- Identificação - contêm endereço IP (*Internet Protocol*) o que significa que se integram na visão IIoT e é possível tomar ações em cada CPS de forma separada e independente;
- Controlo - estes sistemas possuem controladores e sensores que, apesar de já serem utilizados antes do aparecimento dos CPS, não eram integrados entre si e não eram utilizados de forma eficiente [14].

2.1.4 *RAMI 4.0*

Para futura correta implementação dos valores transmitidos pela visão da Indústria 4.0, é necessário desenvolver um modelo *Service-Oriented* que consiga aliar todas as partes participativas na utilização da Indústria 4.0 numa certa empresa de forma a melhorar a comunicação e colaboração entre elas. É neste âmbito que surge o modelo RAMI 4.0 (*The Reference Architectural Model for Industry 4.0*), que segue a lógica da figura 2.3 [24].

O RAMI 4.0 é um mapa tridimensional que demonstra como abordar a visão da Indústria 4.0 de uma forma estruturada, combinando diferentes elementos, componentes IT e

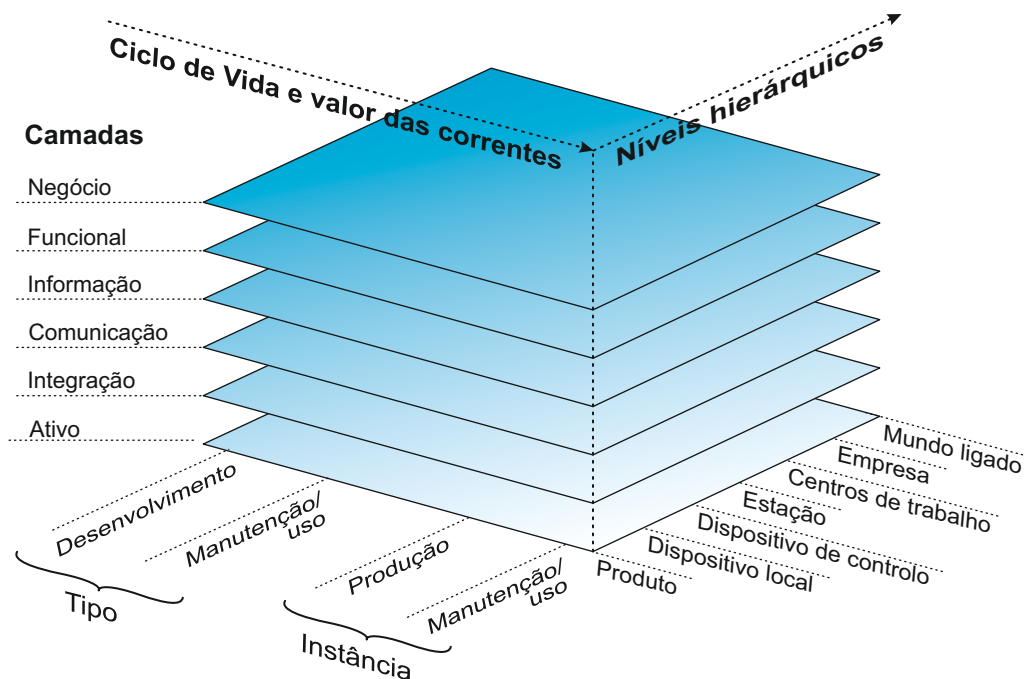


Figura 2.3: Esquema geral do RAMI 4.0. Adaptado de: [24]

um modelo de ciclo de vida [24]. As três dimensões sobre as quais o modelo apresentado na figura 2.3 são:

1. Níveis hierárquicos - tradicionalmente estes níveis de hierarquia numa indústria são organizados e representados em forma de pirâmide, mas devido ao facto de o nível mais elevado representar a conectividade (*Connected World*) esta representação perde o sentido devido à necessidade de inserir os colaboradores dos diferentes níveis hierárquicos e os próprios produtos como parte da rede integrada;
2. Ciclo de vida e cadeia de valor - representam a ideia de que maior informação e comunicação nas fases iniciais do ciclo de vida do produto (desenvolvimento ou pré-produção) levam a um valor acrescido no final deste seu mesmo ciclo, e dos produtos que se seguem na cadeia de valor;
3. Camadas arquitetónicas - consistem nos componentes de negócio e dos seus processos administrativos; as funções dos ativos; a informação necessária; comunicação como forma de acesso à informação; integração que, no fundo, representa a transição de mundo real para mundo digital e ativos como objetos físicos no mundo real [14].

2.2 Monitorização de Performance Económica em Indústrias

2.2.1 *Performance Dashboard*

Os *dashboards* de performance são caracterizados por serem um tipo específico de sistema de apoio à decisão ou DSS (*Decision Support System*) e podem ser definidos como ferramentas de gestão de performance que, num único ecrã demonstram a informação mais importante e necessária para atingir um ou vários objetivos individuais e/ou organizacionais, permitindo ao utilizador identificar, explorar e comunicar áreas com problemas e que necessitem de ações corretivas. Através da incorporação de recursos visuais e funcionais de forma integrada, os *dashboards* visam aumentar a compreensão e interpretação por parte dos utilizadores, sendo então possível o seu uso pelas mais variadas classes de colaboradores, desde operadores da área da manutenção, por exemplo, que utilizem os *dashboards* para verificar rapidamente o estado da unidade fabril, até gestores executivos para tomada de decisões estratégicas para a empresa [25, 26].

Esta ferramenta largamente utilizada nas mais diversas indústrias, visa juntar componentes da disciplina de *Business Intelligence* (BI) e de *Corporate Performance Management* com o objetivo de unificar a informação necessária e mais importante na tomada de decisões. Os *dashboards* de performance têm três grandes áreas de aplicação:

- Monitorização - dar a conhecer estado da performance e tendências de forma rápida;
- Análise - estudo das exceções e encontrar causas para eventuais desvios na performance;
- Colaboração - criar planos de trabalho para efetuar ações corretivas [27].

Na construção ou *design* de um *dashboard* deve-se sempre ter em conta qual a audiência que vai utilizar/visualizar a ferramenta, e ajustar o conteúdo para essa mesma audiência, definindo o tipo de *dashboard* que se deve utilizar: se de operações, estratégico ou analítico. A organização do espaço no ecrã do *dashboard* é outro fator a ter em atenção, visto que é pretendido um foco nas métricas mais importantes, foco esse que é desvanecido ao encher a ferramenta de informação que pode não ter o mesmo nível de utilidade e importância. Após definir estes pontos, é necessária a escolha da periodicidade com que se reportam os dados: geralmente *dashboards* do tipo de operações reportam dados em tempo real, ou *near real-time*, enquanto que os *dashboards* estratégicos podem devolver dados com base de tempo diária, semanal ou até mensal [28].

2.2.2 *Business Intelligence*

O termo *Business Intelligence* refere-se a um sistema de suporte à decisão que combina aglomeração de dados, armazenamento e gestão de conhecimento, contendo formas de análise que permitam servir de ferramenta ao processo de decisão. As análises realizadas

2.2. MONITORIZAÇÃO DE PERFORMANCE ECONÓMICA EM INDÚSTRIAS

por estes sistemas podem ser simples, de previsão ou até análises em tempo real. Alguns dos desenvolvimentos mais recentes nesta área incluem a medição da performance (*Business Performance Measurement* - BPM), a monitorização das atividades da empresa (*Business Activity Monitoring* - BAM) e a expansão dos BI, de ferramentas apenas usadas pela administração e gestão, para sistemas utilizados por todos os colaboradores da empresa (BI para as massas) [29].

Tal como demonstrado na figura 2.4, o conceito de *Business Intelligence* contempla a utilização de ferramentas e tecnologias em determinadas zonas do processo que obedecem a certas regras, para a transformação de *raw data* em informação tangível/conhecimento para poder tomar a decisão mais acertada [30].

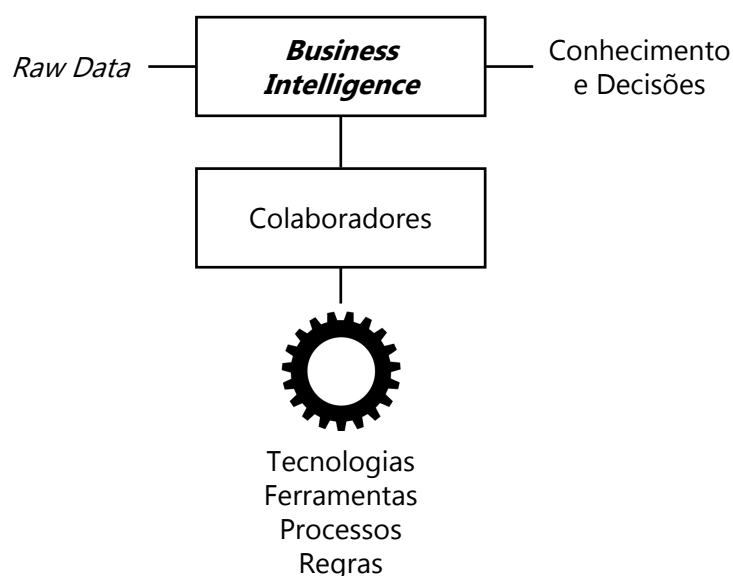


Figura 2.4: Conceito de *Business Intelligence*. Adaptado de: [30]

Atualmente uma das principais áreas na qual têm existido desenvolvimentos de sistemas de BI tem sido o setor financeiro, no qual existe a necessidade de mais ferramentas que processem os grandes fluxos de *raw data* obtidos. Em 2014, cerca de 25% dos CFOs de grandes empresas afirmaram que os dados obtidos de forma contínua pela sua organização financeira não se traduzem para informação útil para suportar a tomada de decisões. Para além disso, cerca de 47% dos responsáveis financeiros das empresas estudadas acreditam que os dados financeiros consistem somente de dados históricos, ignorando a potencialidade de realizar previsões e de análises em tempo real [31].

Um exemplo de um BI aplicado no contexto económico e da refinação é o da *PetroBras*, que em 2008 desenvolveu um modelo de controlo de ganhos económicos avançado e em tempo real, tendo em conta as variáveis processuais das unidades. Para isto é utilizado um *index* calculado que representa a percentagem de variáveis de controlo ativas

e tenta-se associar os ganhos económicos de uma determinada unidade com estas mesmas variáveis, tendo uma ideia de como estas as influenciam. É então designada como uma ferramenta de grande importância macroscópica, mas com algumas falhas a nível de análise das unidades, pois apesar de conseguir relacionar ganhos económicos com variáveis processuais, não permite fazer a análise estatística que outras ferramentas já desenvolvidas conseguem realizar [32].

Algumas das ferramentas já utilizadas e comercializadas atualmente que permitem opções de visualização e tratamento estatístico a um nível avançado são o *Power BI*, *Qlik-View* e *Tableau* [33].

2.2.3 Periodicidade de Monitorização

Quando se fala em digitalização e monitorização de atividades, é muito importante nos dias de hoje que estas sejam efetuadas em tempo real, permitindo um tempo de resposta muito mais curto e, de uma forma geral, diminuindo os efeitos de eventuais perdas económicas numa unidade processual [34].

Existem diferentes tipos de periodicidade que podem ser utilizados na conexão entre os dados e o sistema, das quais se destacam a conexão em tempo-real (*streaming*) que, apesar de teoricamente ser a que apresenta maior dinâmica ao sistema, acaba por ter limitações devido a requerer uma ligação completamente estável para evitar perda de sinal, o que acaba por comprometer o sistema, ou seja, é um tipo de conexão que requer uma ligação *always on*. Uma alternativa que pode ser implementada e que exclui as limitações anteriores é uma abordagem *near real-time*, na qual se estabelece qual a periodicidade com que se pretende a conexão, evitando a transmissão contínua de dados por parte dos sensores e medidores e assegurando maior estabilidade do sistema; ainda que os dados não sejam transmitidos em contínuo, geralmente este método permite dar resposta suficientemente rápida a perturbações e condições fora do controlo para tomar medidas corretivas. Existe ainda a monitorização manual, ou *on-demand*, realizada por sensores locais que reproduz dados que são depois *uploaded* manualmente na forma de relatórios ou por *email*, ou como no caso da refinação, são criadas bases de dados dos dados reais (RTDB) [1].

2.3 Construção de Interfaces

Na construção de uma interface é muito importante definir à partida quais as suas principais características e objetivos. Neste âmbito, é importante analisar algumas das boas normas de construção de interfaces, como por exemplo, Interfaces do tipo Homem-Máquina (HMI – *Human Machine Interface*). Estas interfaces são definidas por promoverem a interação entre o operador e a máquina, quer sejam estas *software* ou *hardware*, ou seja, uma HMI é a ponte entre a ação humana e a reação computadorizada dessa mesma ação [35, 36].

Apesar da plataforma sugerida nesta tese não promover o mesmo nível de interação entre o operador e o programa como uma HMI, certas regras e sugestões de *design* podem ser mantidas, ainda que para uma plataforma com maior ênfase na informação direta do que na interação. Uma dessas regras ou linhas de *design* que podem ser seguidas é o *user-centered design* (design centrado no utilizador) que tem como objetivo organizar a tecnologia utilizada de forma a adaptar-se às tarefas, habilidades e à forma como operadores devem processar a informação e tomar decisões. Outra regra à qual se deve obedecer relaciona-se em conseguir mostrar a informação de forma concisa sem ter demasiada *raw data* (dados brutos ou não tratados), de forma a proporcionar uma leitura e compreensão mais simples para os utilizadores [37].

No processo de *design* de HMI, existem certas decisões que devem ser tomadas à partida, para tornar a experiência de utilização dessa mesma interface o mais simples e eficaz possível para a tarefa designada:

- Que informação necessita o utilizador para cumprir a sua tarefa;
- Qual a melhor forma de apresentar a informação ao operador;
- Como deve estar essa informação organizada;
- Qual a informação que deve estar realçada [37].

Ao contrário de um *Performance Dashboard*¹, uma interface de performance não está restringida a um ecrã apenas, e promove muito maior interação com o utilizador, fazendo assim com que seja possível utilizar diferentes *layers* de informação na própria arquitetura da interface. São no entanto ferramentas que, se bem construídas, podem fornecer *design outlines* muito interessantes para a construção de interfaces [28].

Tendo em conta que a ferramenta a implementar é uma interface centrada no utilizador, é importante consultar as diretrizes básicas, tanto de *User Interface* (UI) como de *User Experience* (UX) *Design*, que estão bastante relacionadas. A UI relaciona-se com a facilidade de operação e *design*, mais propriamente dito, da ferramenta em si, como por exemplo, como estão dispostos os símbolos da interface e de que forma estes interagem uns com os outros. No caso da UX, o importante, tal como o nome indica, é a experiência e os sentimentos do utilizador, ao navegar e utilizar a ferramenta [38].

Algumas das principais características de uma interface bem construída segundo as *guidelines* para UI e UX *Design* são:

- Clareza - é o ponto fulcral de qualquer interface. A ferramenta é apenas eficaz se os utilizadores entenderem o que ela é, para que a usam e como interagem com ela, pelo que é de evitar qualquer tipo de eventuais confusões;

¹Tópico abordado na secção 2.2.1

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Interatividade - as interfaces existem precisamente com o objetivo de permitir a interação entre utilizador (humano) e máquina, pelo que uma boa interface promove este tipo de ações;
- *User-Centered* - manter os utilizadores em controlo, pois é como estes se sentem mais confortáveis, através de indicações e explicações sobre o que acontece na interface à medida que ocorre a interação, ainda que se esteja a constatar situações óbvias (o que pode muitas vezes ser trivial para o *developer* nem sempre o é para o utilizador);
- Acessibilidade - existem diversas formas de realizar um *design* acessível, e uma das regras mais usadas é a de restringir a interface a uma ação principal por cada ecrã, tendo assim uma curva de aprendizagem para a plataforma menos acentuada;
- Erros e Documentação - conter sempre em opção secundária mas bem indicada onde se encontra a documentação necessária para compreensão da interface, assim como referência ao erros que eventualmente possam surgir ao utilizar a plataforma, por exemplo, através de um esquema de código, de forma a obter erros explicativos, que possam ser solucionados pelo utilizador, sem recorrer ao *developer* [39, 40].

Apesar das diferenças já explicadas entre a interface e os *dashboards*, a visualização que estas ferramentas permitem a quem as utiliza deve ser semelhante, focando somente nos pontos chave inicialmente e, no caso das interfaces, ir explorando maior nível de detalhe à medida que se interage com a ferramenta. Por isso, é também importante retirar algumas das regras de boa construção e desenvolvimento de *dashboards*, tais como:

- Explorar outras áreas - ainda que se esteja a desenvolver uma plataforma num determinado setor, é importante explorar designs provenientes de outras áreas totalmente diferentes para servir como inspiração;
- Evitar aglomeração ou confusão - apesar de ter níveis de informação muito detalhados e várias formas de os representar, quer seja com gráficos ou tabelas, nem sempre é importante utilizá-los na plataforma a desenvolver;
- Simplificar cores e fontes - através das cores e fontes utilizadas, representar níveis de importância de informação a ser representada, tornando a ferramenta o mais clara possível em termos de visualização;
- Reiterar - nenhuma plataforma deste tipo fica desenvolvida da forma que se pretende na primeira vez que se pensa que está pronta para implementação, pelo que é necessário rever o que foi desenvolvido e corrigir eventuais erros, preferencialmente de forma colaborativa com os utilizadores [41, 42].

3

REFINARIA DE SINES

A Refinaria de Sines (3.1) faz parte do sistema integrado de refinação da Galp (Sines + Matosinhos), com capacidade de destilação de cerca de 10,9 milhões de toneladas por ano, ou seja, 225 mil barris por dia. Ao todo, a refinaria é composta por 34 unidades processuais e tem cerca de 3 milhões de metros cúbicos de capacidade de armazenagem, num complexo que ocupa 384 hectares de área [43].



Figura 3.1: Refinaria de Sines [44]

3.1 Unidades Processuais

As unidades processuais que compõem a refinaria estão organizadas em cinco grandes áreas operacionais: Fábrica I, Fábrica II, Fábrica III, Fábrica de Utilidades e Movimentação de Produtos. Na figura 3.2 é possível verificar com maior detalhe as 34 unidades que constituem a refinaria e de que forma estas se relacionam.

3. REFINARIA DE SINES

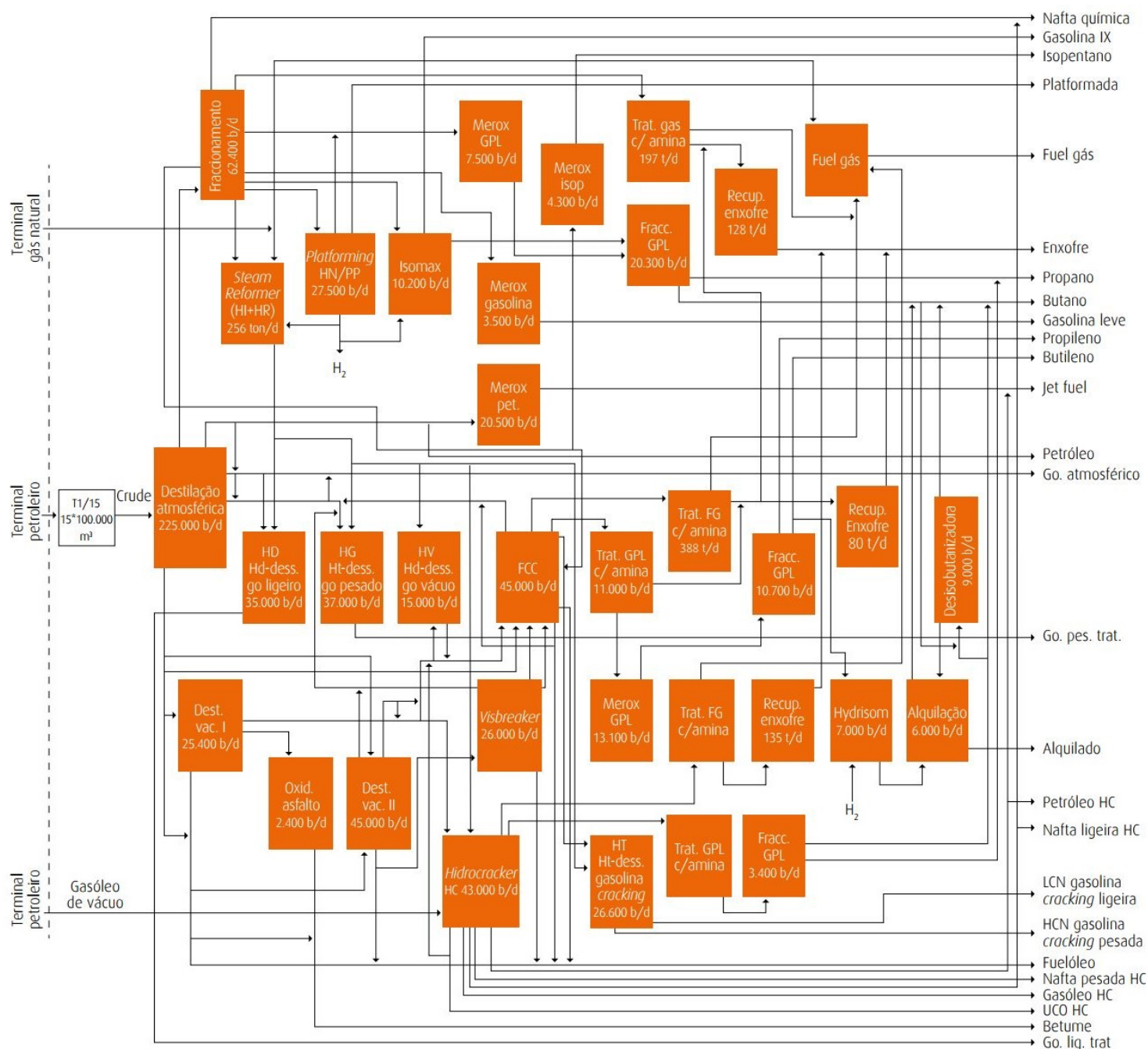


Figura 3.2: Esquema geral dos processos da Refinaria de Sines [45]

Como principais unidades a montante no processo de refinação, estão a destilação atmosférica e as duas destilações a vácuo - que têm o objetivo de realizar o fracionamento inicial do crude nas suas frações iniciais de gases, nafta, petróleo, gasóleo, gasóleo de vácuo, resíduo atmosférico e resíduo de vácuo. Estas são consideradas as principais unidades de separação existentes na Refinaria de Sines, apoiadas por dezenas de colunas de retificação, entre outros equipamentos.

Nas unidades de conversão molecular - tais como a unidade de craqueamento catalítico (FCC - *Fluid Catalytic Cracking*), a unidade de hidrocraqueamento (HC - *Hydrocracking*) e a unidade de *Visbreaking* - produzem-se produtos mais leves a partir de compostos pesados, ou seja, com maior valor acrescentado, às quais estão também associadas a dessulfuração de gasolinas do FCC (HT) e tratamentos com aminas, tanto para o *Fuel Gas* como para o GPL (Gás de Petróleo Liquefeito). Na unidade de conversão de *reforming* catalítico ou *Platforming* (PF), ocorre um processo que visa aumentar o índice de octano da gasolina e produção em simultâneo de hidrogénio, utilizado, por exemplo, nas diferentes dessulfurações (HG, HV, HD e HT) presentes na refinaria. Na unidade de alquilação (ALK) produz-se gasolina sem aromáticos nem olefinas, que acaba por ser "muito valiosa" para o *blending* final de gasolinas e nas unidades de *Steam Reforming* (HR, HI) produz-se hidrogénio, fundamental para as reações que ocorrem no *Hydrocracker*, bem como nas unidades de dessulfuração. Existem ainda unidades de suporte, tais como colunas de fracionamento (para retificação), unidades de *MEROX* - que no caso da *MEROX* de petróleo, esta é a unidade principal para produção de *JetFuel* de forma eficiente - e tratamento de gases, bem como três unidades de remoção de enxofre, minimizando a presença deste composto nos produtos da refinaria, maioritariamente devido a questões ambientais e legais [43, 45].

3.2 Configurações e Margens de Refinação

Ao longo dos anos, a indústria da refinação tornou-se uma das mais importantes, tendo elevados valores históricos de investimentos e bastantes avanços tecnológicos com o objetivo de converter crude em produtos de valor acrescentado como gasolina e *diesel*.

As refinarias, como é evidente, devem tentar obter a máxima margem de refinação possível - margem esta que depende não só do preço do crude alimentado, mas também do preço dos produtos vendidos, da gama de produtos (aliada à flexibilidade) que a tecnologia instalada permite obter, dos custos operacionais e do custo de tratamento de compostos poluentes. De uma forma geral e simplificada, quanto mais elevada for a complexidade da refinaria e mais unidades processuais de conversão de pesados esta possuir, maior será a margem de refinação teórica obtida [46, 47].

Em termos de maximização económica, é objetivo das refinarias conseguir converter o máximo de compostos pesados, tendo a maior percentagem possível de produção de compostos de valor acrescentado. Assim, unidades de conversão de fundo de barril como o *Coking*, *Visbreaking*, *Solvent Deasphalting* (SDA) e Hidrodessulfuração de Resíduo (HDR) são muito importantes em termos económicos para os complexos de refinação, pois permitem aumentar as margens de refinação, apesar do elevado investimento necessário para construir estas unidades processuais (superior a 1 bilhão de dólares). A existência destas unidades é, hoje em dia, ainda mais preponderante nas refinarias devido à legislação da IMO *International Maritime Organization*, que limita o teor de enxofre no fuelóleo (FO) para 0,5% (*m/m*) a partir de 2020 [48].

Historicamente, a Galp possuía em Sines (1978) uma refinaria de *Hydroskimming* que é considerada uma refinaria do tipo simples, e que apesar de já ter unidades como *Reforming* Catalítico e unidades de tratamento, ainda restavam cerca de 42% de FO por converter. Em 1994 foi construído o complexo de *Cracking*, contendo unidades como o *Cracking* Catalítico, Destilação de Vácuo II e *Visbreaker* (Fábrica II), convertendo mais compostos pesados, restando assim com esta configuração cerca de 24% de FO por converter. No ano 2013, começou em funcionamento a Fábrica III da refinaria de Sines que tem como principal unidade processual o *Hydrocracker*, que aliado às restantes unidades já existentes permite deixar apenas cerca de 16% de FO, sendo esta a configuração atual da refinaria.

A refinaria de Sines dispõe de uma flexibilidade processual única que permite maximizar a produção de gasolinas, dispondo, para isso, da unidade de FCC, bem como maximizar a produção de gasóleos através da mais recente unidade processual, o *Hydrocracker*. É evidente a relação entre complexidade e flexibilidade das refinarias com as potenciais margens de refinação a obter. Produtos como gasolina, gasóleo e *jet fuel* são muito mais valiosos do que produtos não convertidos, como é o caso do FO, pelo que deve ser estudada sempre que possível a implementação de novas tecnologias e unidades processuais que permitam converter o máximo de compostos que não tenham valor acrescido, mantendo a eficiência do complexo (custos com consumos energéticos a representar cerca de 70% do OPEX). A flexibilidade no processamento de diferentes tipos de crude é também muito importante devido aos mais variados tipos de crude existentes, às suas características e à sua volatilidade em termos de preço. Uma refinaria que consiga processar crude com elevado teor de enxofre (*sour*), elevada densidade, TAN (*Total Acid Number*) e/ou e API *Gravity* tem maior flexibilidade na escolha do tipo de crude e, consequentemente, maior margem teórica derivada de preço de matéria-prima mais baixo [49].

3.2.1 Margens Económicas e Cálculos Associados

Um dos fatores determinantes para o sucesso do desafio proposto na presente tese é o cálculo das margens económicas para cada unidade estar bem efetuado, assim como a correta valorização das correntes intermédias, que acabam por ser quantificadas de diferentes formas, devido à qualidade variável de refinaria para refinaria e ao facto de não existirem especificações. Assim, a valorização destes produtos intermédios é estimado de tempo a tempo, de acordo com algumas regras.

O esquema da figura 3.3 representa a unidade de Destilação Atmosférica e alguns valores arbitrários de correntes de produto, corrente de alimentação (crude) e uma corrente que visa representar o consumo energético da unidade.

Para o cálculo da Margem Bruta da unidade, pode-se utilizar a seguinte expressão (3.1):

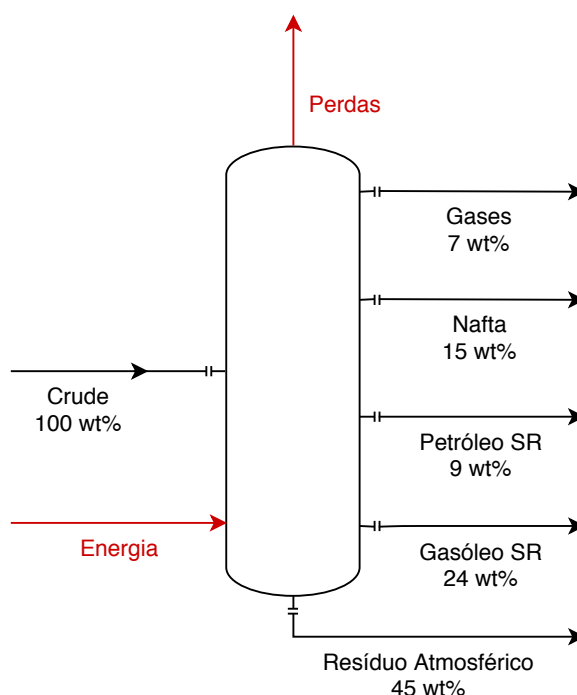


Figura 3.3: Representação da unidade de Destilação Atmosférica

$$MB_1 = [(0.07 * P_{Gases}) + (0.15 * P_{Nafta}) + (0.09 * P_{PetróleoSR}) + (0.24 * P_{GasóleoSR}) + (0.45 * P_{Resíduo\ Atmosférico})] - (1 * P_{Crude}) + (P_{C+Q}) \quad (3.1)$$

Na equação (3.1), P_x representa o preço do composto x e a expressão $C + Q$ representa os consumos e quebras da unidade. Assim, a Margem Bruta da unidade é dada simplesmente pela subtração das correntes de saída pelas correntes de entrada, tendo em conta a energia gasta no processo e as perdas da unidade. Em certos casos a unidade também pode gerar energia - por exemplo em unidades como o *Hydrocracker*, cujo processo é exotérmico - e esta mesma energia deve ser tida em conta para o balanço que permite obter o valor da Margem Bruta à unidade.

Relativamente à valorização de correntes de produtos intermédios é necessário ter informação acerca de como essa corrente é geralmente utilizada. Um exemplo específico desta situação é o do VGO (*Vacuum Gas Oil*) que pode ser exportado, integrado na *pool* de combustíveis através de *blending*, alimentado à unidade de FCC (por exemplo) ou ainda alimentado à unidade de HC - dependendo da intenção de maximizar a produção de gasolina ou de gasóleo - sendo estas duas últimas hipóteses as mais utilizadas.

Para além deste exemplo, dependendo do composto, há um conjunto de fatores que pode influenciar o valor das correntes intermédias:

- Preço e especificações de produto final, mais concretamente relativas à densidade, ao teor em enxofre, viscosidade e índice de octano (MON/RON), no caso de utilização do composto para *blending*;

3. REFINARIA DE SINES

- Lei da procura e oferta do mercado (ou preço equivalente a alternativa de exportação);
- Presença de indústria que utilize o produto perto da refinaria, levando a fornecimento direto;
- Existência de unidades processuais que compitam pela mesma corrente (exemplo da alquilação, que utiliza os butilenos produzidos no FCC como carga).

4

METODOLOGIA

4.1 Pressupostos e Objetivos

Antes do desenvolvimento do programa foram definidos alguns objetivos e pressupostos que, à partida, serão parte funcional e integrante da ferramenta final.

No contexto da presente dissertação de mestrado, as metodologias desenvolvidas tiveram como principais premissas o que foi revisto da literatura nas secções 2.1.1, 2.2.1, 2.2.2 e 2.3.

O objetivo da ferramenta de apoio à decisão proposta é o de monitorizar, *online*, o comportamento das unidades da Refinaria de Sines em termos de performance económica (*Real vs Plano*), permitindo a sensibilidade económica por parte dos operadores e restantes colaboradores presentes nas unidades.

Em concreto, é objetivo da ferramenta demonstrar através de gráficos simples que poderiam integrar um *dashboard*, a performance económica da unidade *online*. Para isso, são fornecidos dois tipos de visualização inicial:

- Um esquema da unidade que contem quanto é que está a ser alimentado e quanto é que esta está a produzir, tanto em métricas físicas (tonelada por hora) como em métricas económicas (dólares por hora).
- Um gráfico de comparação entre as margens económicas real e teórica da unidade nas últimas 8, 16 ou 24 horas, permitindo ao utilizador verificar como esta se comportou durante o turno anterior.

A interação com o programa deve depender do nível de permissões que o utilizador possuir, devido à confidencialidade de alguns dos ficheiros que a ferramenta utiliza. Assim, níveis de gestão poderão interagir, tendo inclusive a opção de consultar dados

históricos, apesar de este não ser o principal objetivo do programa. O operador vai visualizar uma página que se assemelha a um ficheiro do tipo *read-only* no sentido em que, não terá interação com o ficheiro numa primeira fase, e ser-lhe-ão demonstrados os gráficos falados anteriormente. Por outro lado, se o programa for utilizado por alguém que se encontra num cargo de gestão, este colaborador poderá ter interesse no desempenho de mais do que uma unidade, pelo que fará sentido ter a opção de navegar entre elas.

Foi ainda decidido antes do desenvolvimento da ferramenta que a abordagem correta seria a de ter o programa funcional por completo para pelo menos cinco unidades: Destilação Atmosférica (CC), *Cracking* Catalítico (FCC), *Hydrocracker* (HC), *Platforming* (PF) e Alquilação (ALK). Com a implementação total do programa para estas unidades é possível receber *feedback* imediato por parte dos utilizadores e corrigir um maior número de possíveis *bugs* que possam existir no programa. Faz sentido fazer uma análise à Destilação Atmosférica, visto esta unidade representar o início do processo e, se existirem problemas de performance económica nesta unidade, estes vão estar repercutidos em todas as outras unidades. A escolha do FCC, HC, Alquilação e *Platforming* como as outras unidades a analisar prende-se com o facto de estas juntas representarem cerca de 80% da margem económica da refinaria, podendo assim ter uma visão já aproximada da margem total em cinco unidades.

Para o programa ser utilizado, este requer atualizações com a mesma periodicidade da mudança do Plano de Produção (PP) e a cada mudança de mês, para atualizar os preços dos compostos presentes na refinaria¹. Estas mesmas atualizações devem ser realizadas por um colaborador com permissões suficientes para as fazer, tipicamente da área de Processamento de Dados, e deve ser facilitada ao máximo, simplesmente carregando em botões que fazem a atualização de forma automatizada. Cabe ainda ao colaborador que atualize o programa, a função de colocar os ficheiros de Preços e PP dentro das pastas correspondentes, sem ser necessário estabelecer qualquer ligação ao ficheiro *Master*, que é o ficheiro principal e a ser utilizado.

O programa proposto funciona segundo a lógica representada na figura 4.1, onde está representada de uma forma simplificada o funcionamento da aplicação, segundo a ótica do utilizador. Inicialmente é dada a escolha de consultar os dados em tempo real ou se o pretendido é fazer uma consulta de dados históricos, para os quais se podem escolher a data que se pretende consultar e o respetivo intervalo de tempo. Para ambos os casos é necessário recolher os dados dos PP e dos preços, tarefa esta executada pelas sub-rotinas que serão explicadas em detalhe posteriormente. Após a atualização dos PP e dos Preços que o programa vai ler, é necessário aceder à RTDB (*Real-Time DataBase*) para poder retirar os dados em tempo real dos diferentes medidores e sensores presentes na refinaria podendo assim calcular a margem económica real de cada unidade, após um breve tratamento dos dados obtidos. Finalmente obtém-se um *dashboard* de onde é

¹Esta situação ocorre devido ao período normal para a análise de performance ser mensal (Tópico abordado na secção 3.2)

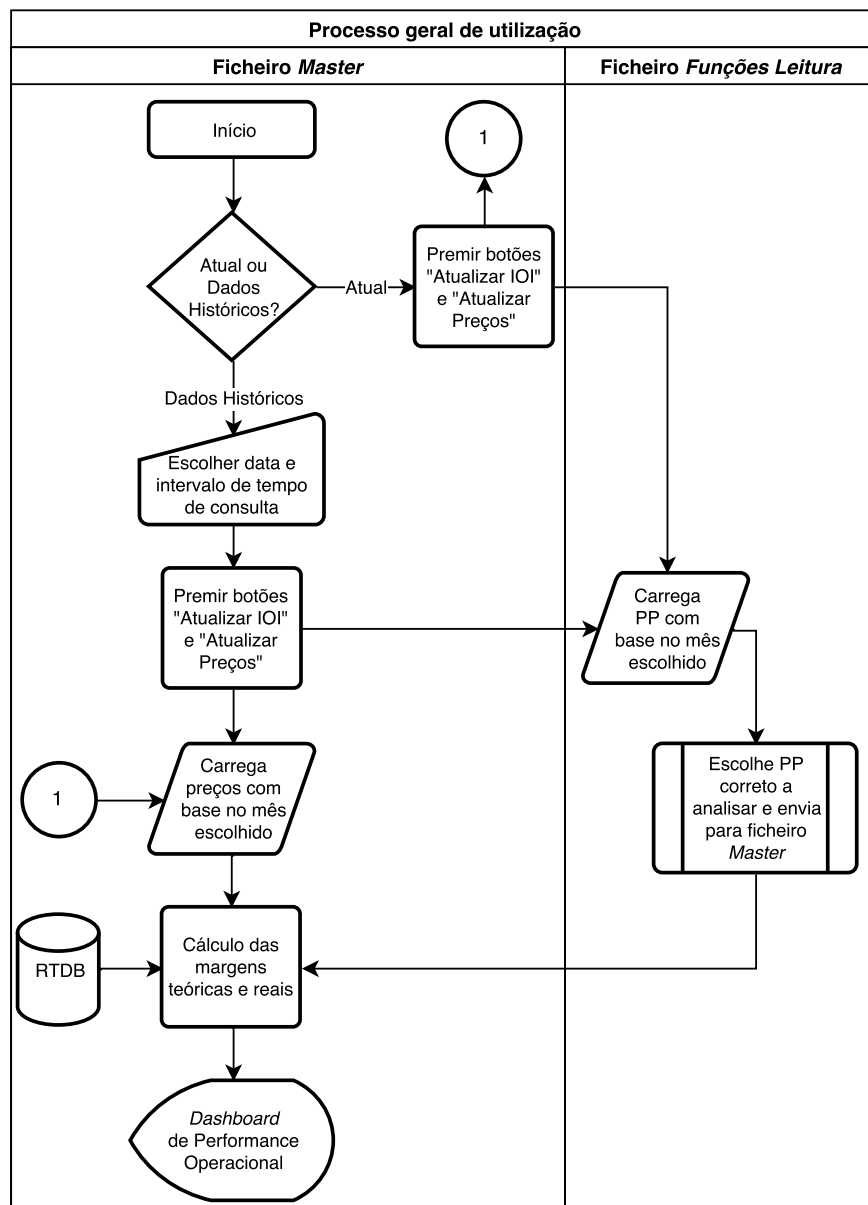


Figura 4.1: Funcionamento do Programa do ponto de vista do utilizador¹

¹ IOI (Instruções Operativas Integradas) = PP (Plano de Produção)

possível retirar informação de forma visual e intuitiva acerca da performance económica da unidade.

De uma forma geral, o desenvolvimento da plataforma deu-se em quatro grandes fases:

- Desenho da arquitetura da ferramenta e identificação dos *inputs* necessários;
- Criação de sub-rotinas e automatização do processo;
- Tratamento de dados e cálculo de margens económicas;
- Criação dos *dashboards* e das restantes ferramentas visuais.

4.2 Criação de sub-rotinas e automatização do processo

Com o grande objetivo de reduzir a introdução de dados de forma manual e tornar o programa mais ágil, flexível e intuitivo do ponto de vista do utilizador, foram criadas sub-rotinas que facilitam a importação de dados de outros ficheiros, mais nomeadamente dos PP e dos Preços, em *Microsoft Excel* com recurso a *VBA*.

Os processos que se pretenderam automatizar nesta fase foram:

1. Deteção do PP em vigor através da data de análise atual (ou escolhida pelo utilizador através da opção da consulta de dados históricos) e das suas características e instruções (como por exemplo, se o plano tem crude *Sour* ou *Sweet*, tendo em conta o teor de enxofre verificado no resíduo atmosférico);
2. Determinação da hora exata em que ocorreu alteração de PP, por forma a fornecer a informação correta de margem teórica aos utilizadores;
3. Calculo das margens teóricas com os preços mais atuais, tendo em conta o mês em vigor.

De uma forma geral, a arquitetura e hierarquia do programa está representada na figura 4.2, assim como alguns dos ficheiros e pastas utilizadas. É importante que os ficheiros de PP e de Preços estejam nas pastas corretas, pois algumas das sub-rotinas que serão explicadas mais em detalhe posteriormente requerem o *path* para a localização do ficheiro.

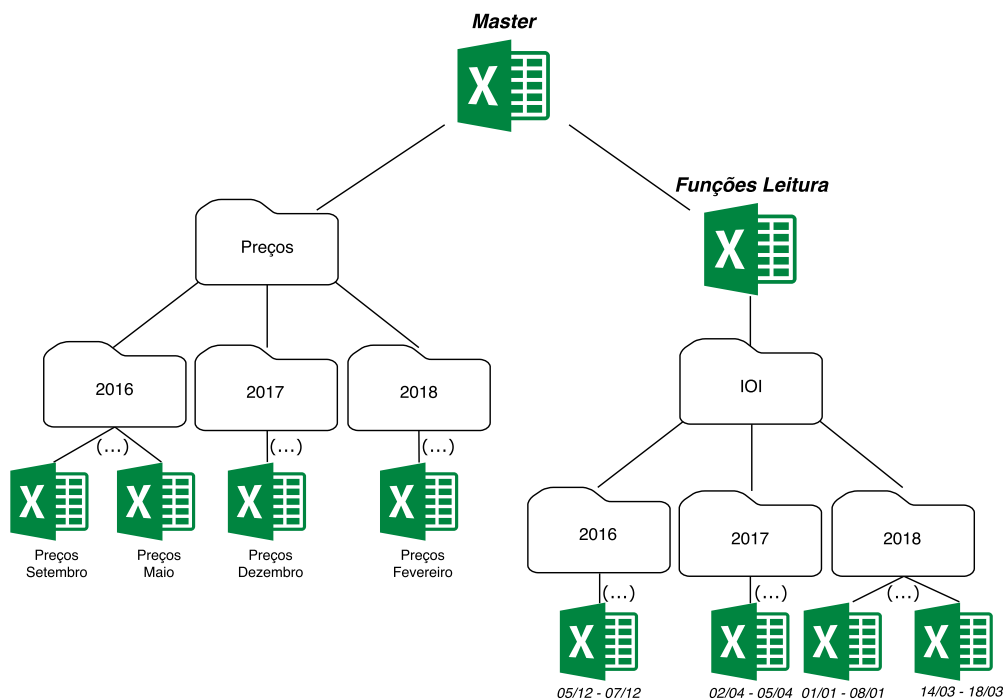


Figura 4.2: Arquitetura do programa relativamente às tarefas de automatização

4.2.1 Detecção do Plano de Produção em vigor

Para a correta automatização desta tarefa sem sobrecarregar o ficheiro *Master*, foi necessária a criação de um ficheiro de base de dados temporário, *Funções Leitura*, que contem todas as informações dos PP do mês de consulta. No final, através de uma nova sub-rotina, é devolvido ao ficheiro somente a informação relativa ao PP em vigor, quer sejam pertencentes a um ou a dois ficheiros (no caso de existir mudança de PP durante o período de análise).

Para a realização do processo de seleção e cópia da informação presente nos ficheiros de PP foi criada a sub-rotina *AllFiles*².

De uma forma simplificada, esta sub-rotina tem como *input* a data atual (ou no caso da consulta de dados históricos, a data escolhida pelo utilizador), fazendo assim uma pré-seleção dos PP a copiar para o ficheiro *Funções Leitura*, que neste caso serão todas as do mês correspondente. Através da data presente no ficheiro *Master*, o ficheiro *Funções Leitura* devolve um *path* para onde se encontram os ficheiros dos PP, assim como o nome que deve procurar com base no mês de consulta. O nome inserido na função faz recurso à utilização de *wildcards* do tipo * e ?, que permitem devolver todos os ficheiros que contenham aquela *string* ou parte dela no nome [50]. A função efetua um *loop* no qual percorre a pasta do *path* identificado anteriormente através da função *dir* (função do VBA) [51].

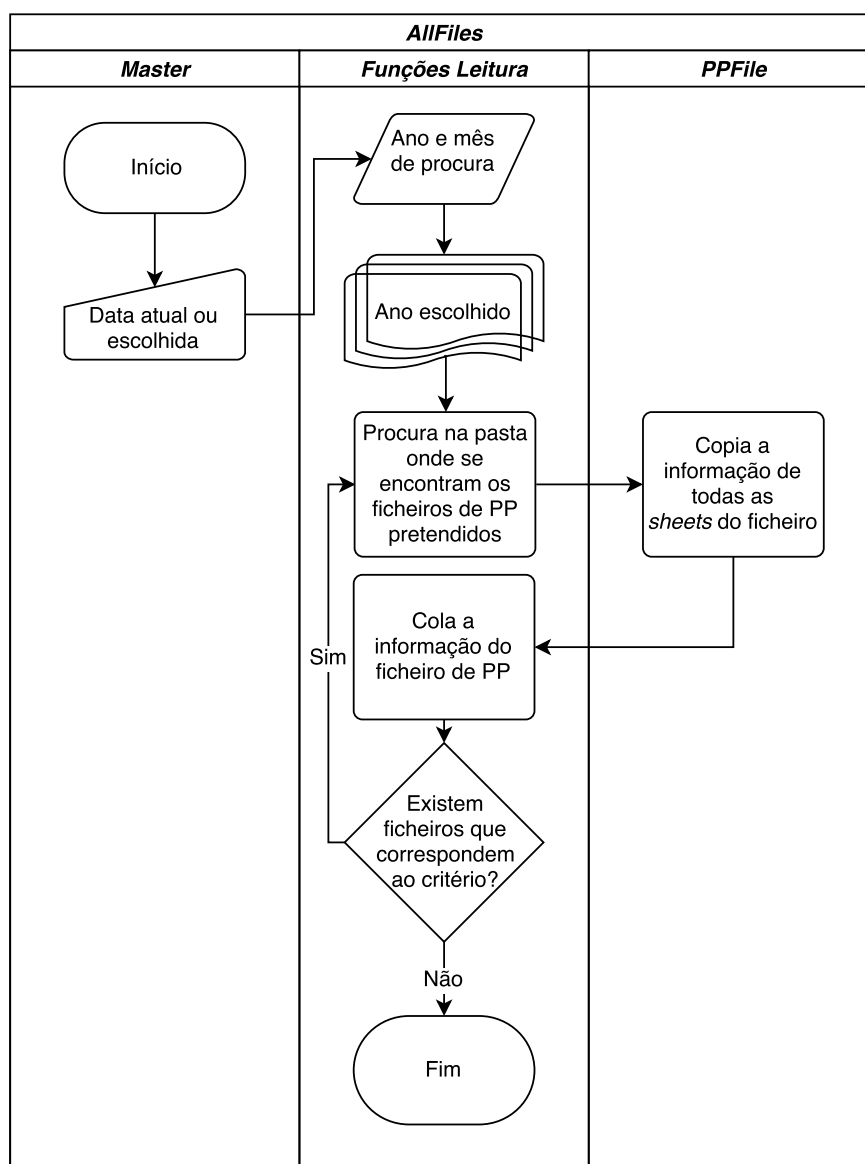
Ao percorrer os diferentes ficheiros dos PP para os quais houve correspondência no nome, a sub-rotina *AllFiles* copia a informação de todas as páginas do ficheiro para uma só *sheet* do ficheiro *Funções Leitura*. Resumindo, toda a informação de todos os PP é importada para uma só folha, e apenas posteriormente é separada pelas diferentes *sheets* do ficheiro, através de funções diretas em *Excel*, sem recurso a VBA. O funcionamento desta sub-rotina está esquematizado no fluxograma da figura 4.3.

Foi necessária a criação de uma sub-rotina semelhante à *AllFiles* em termos de funcionamento, mas com *input* ligeiramente diferente, de forma a encontrar todos os ficheiros de PP correspondentes ao mês atual/escolhido. Assim, foi criada a sub-rotina *AllFiles_* que procura especificamente pelos PP que correspondem à mudança do mês anterior para o mês de pesquisa, caso esse ficheiro exista. Apesar do diferente *input*, a sub-rotina funciona também ela de acordo com o fluxograma da figura 4.3.

Após a extração de informação dos ficheiros de PP estar completa, é necessário selecionar o PP em vigor, que podem contemplar os dados presentes em um ou em dois ficheiros, no caso do período de análise do programa coincidir com uma alteração do Plano de Produção em vigor na refinaria.

Inicialmente, os dados importados através da sub-rotina *AllFiles* são organizados através de funções simples implementadas no próprio ficheiro em *Excel*. Assim, cada ficheiro de PP fica numa *sheet* à parte, tornando mais fácil a sua posterior seleção. Foi pré-definido um limite de 15 ficheiros de PP por mês, tendo para isso sido criadas 15 páginas que podem conter as informações de cada um destes ficheiros. O máximo atingido numa análise

²Sub-rotina contida no módulo *m_ImportIOI* presente no apêndice A

Figura 4.3: Fluxograma de funcionamento da sub-rotina *AllFiles*

aos anos de 2017 e 2018 foi de 8 ficheiros de PP num mês, em julho de 2017.

Para importação dos PP em vigor para o ficheiro *Master*, foi necessário criar uma outra sub-rotina denominada *GetCurrentIOI*, que faz a seleção e envia para o ficheiro *Master*. Esta sub-rotina tem como input principal algumas células do ficheiro *Master* que estão ou não preenchidas consoante o período a analisar coincida ou não com alteração dos PP. Para isso, a sub-rotina contém um ciclo *If* que permite efetuar diferentes ações consoante o que está preenchido nestas mesmas células.

Caso a sub-rotina *GetCurrentIOI* detete que o período analisado se insere em apenas um ficheiro de PP, então esta apenas copia o ficheiro do PP em questão. Caso contrário, a sub-rotina faz uma cópia dos dois ficheiros encontrados para o ficheiro *Master*, em páginas diferentes e pré-definidas.

As sub-rotinas *AllFiles* e *GetCurrentIOI* foram criadas com o intuito de serem chamadas com a mesma operação, neste caso através da sub-rotina *IOIupdate*, sendo que esta funciona como "sub-rotina mestre", fazendo *call* a todas as outras. Para além das sub-rotinas faladas, foi também criada uma última chamada *SortIOI* que de uma forma muito simples, permite ordenar por data os PP no ficheiro *Funções Leitura*, garantindo assim maior facilidade na deteção do PP em vigor para o ficheiro *Master*.

Assim, do ponto de vista do utilizador, todo o processo de deteção e atualização do PP em vigor é realizado somente através do clique do botão "Atualizar IOI" presente no programa, minimizando ao máximo o processo manual. Os processos manuais que são necessários realizar acabam por ser externos ao programa em si, e passam apenas por colocar os ficheiros de PP na pasta correta e garantir que os ficheiros *Master* e *Funções Leitura* se encontram na mesma pasta.

4.2.2 Determinação da hora de alteração do Plano de Produção

Para uma correta consulta em tempo-real é importante ter dados atualizados - quer sejam os dados reais, quer sejam teóricos - permitindo fazer uma comparação mais fidedigna das margens de refinação *online*. Tendo em conta a necessidade dos dados apresentados serem em tempo real, é fulcral conseguir ter uma aproximação horária de quaisquer alterações que possam influenciar, neste caso, a margem teórica.

No caso do cálculo das margens teóricas, tal como já foi discutido, o principal *input* está relacionado com o PP em vigor. Com as sub-rotinas discutidas na subsecção 4.2.1, é apenas possível para o programa detetar se, no período atualizado, ocorre ou não uma mudança de PP. Tendo em conta que no ficheiro do PP não vem contemplada a hora de entrada do mesmo, tornou-se necessária a implementação de uma forma autónoma de determinar a hora de mudança.

Um método possível seria o de introduzir manualmente, recorrendo por exemplo a uma *InputBox*, qual a hora correta. Contudo este método pode apresentar algumas limitações:

- Seria mais uma tarefa a realizar manualmente, quando um dos objetivos explícitos da implementação do programa é o de automatizar ao máximo;
- A hora de entrada do PP pré-definida pode não ser a real, ou estar ligeiramente desfasada da real, pois é necessário que as operações (mais nomeadamente na Fábrica I e Movimentação de Produtos) revejam as condições necessárias para alteração da carga.

Assim, após estudo de diferentes hipóteses possíveis para análise da mudança de PP, foi considerado como variável a analisar o nível do tanque pulmão (*TK250*). Este é o tanque intermédio de crude que alimenta a unidade de Destilação Atmosférica, no qual o nível se mantém estável, exceto quando ocorre mudança do PP, ou é necessário recorrer a drenagem do tanque.

4. METODOLOGIA

Para correta detecção da hora da mudança do PP, é feita uma análise no ficheiro *Funções Leitura* ao nível do tanque, análise essa com começo no dia em que o PP entra em vigor (a partir das 21h00 do dia anterior) e com final dois dias depois, devido a possíveis atrasos. Assim, qualquer flutuação no nível que ocorra fora dos dias previstos para mudança de PP não será considerada. Dentro das datas previstas, é identificado qual o valor mínimo de nível, considerando um ponto por hora (média de nível da hora analisada), e é essa a hora admitida como alteração dos PP. Para evitar que pequenas flutuações que possam ocorrer sejam identificadas como a hora de mudança de PP, é estabelecido um valor de desvio padrão mínimo necessário, caso contrário, o programa admite que as PP não entraram em vigor, e passa para as seguintes (caso pontual, identificado uma única vez desde o início de 2017).

Como toda a análise é realizada no ficheiro *Funções Leitura*, esta ocorre com um carácter mensal, e é feita para todos os ficheiros de PP do mês pretendido, e atualizada sempre que o utilizador prima o botão "Atualizar IOI", visto que esta sub-rotina, tal como já foi discutido, utiliza o ficheiro *Funções Leitura* e acaba por fazer *update* também aos valores que este possui. Os resultados desta análise são organizados numa tabela, correspondendo a cada ficheiro de PP identificado para o mês, uma hora de entrada em vigor. Assim, caso alguma hora esteja mal identificada ou ocorra algum evento que afete o TK250 ou o seu medidor de nível, é importante que estes resultados estejam bem explícitos.

Um exemplo para o mês de fevereiro de 2018 pode ser verificado na tabela 4.1, gerada pelo ficheiro *Funções Leitura* quando se utiliza a funcionalidade da consulta de dados históricos, para o dia 9 de fevereiro de 2018, com um intervalo de consulta de 24h.

Tabela 4.1: Análise dos PP do ficheiro *Funções Leitura* para o mês de fevereiro de 2018

PP	Início	Duração do PP		Dia e Hora de Início	Check	PP Atual
PP#5	30-01-2018	09	Dias	30-01-2018 03:00:00		
PP#2	08-02-2018	05	Dias	08-02-2018 13:00:00		PP#5->PP#2
PP#1	13-02-2018	05	Dias	13-02-2018 15:00:00		
PP#3	19-02-2018	05	Dias	20-02-2018 00:00:00		
PP#4	25-02-2018	07	Dias	25-02-2018 04:00:00		
PP#6						
...						
PP#15						

Apesar de a ordem nos nomes dos ficheiros de PP não ser a correta (em termos numéricos), já está ordenada por data (através da sub-rotina *SortIOI*), que é o importante para o programa. As últimas duas colunas relacionam-se com a detecção de qual o PP em vigor. Através da última coluna é possível verificar que, para o caso da tabela 4.1, ocorreu mudança de PP no período consultado, e é esta a *string* devolvida ao ficheiro *Master*.

De forma complementar ao que foi implementado para detecção do Plano de Produção, devido aos dados para as unidades de *Platforming* e Alquilação, é importante retirar as

informações do Plano Mensal (PM) para ter todos os dados de operação planeados para estas unidades. Para isso, de forma semelhante ao que é implementado para o PP, é utilizada a sub-rotina *PLUpdate*³ para este efeito.

4.2.3 Detecção dos preços mensais em vigor

A tarefa de determinação dos preços em vigor é realizada de forma semelhante à determinação dos PP⁴, contudo, neste caso, por existir apenas um ficheiro mensal de preços a ser considerado, deixa de ser relevante a utilização de um ficheiro intermédio que sirva de base de dados temporária, como é o caso do ficheiro *Funções Leitura* para os PP. Assim, a informação presente no ficheiro de preços é importada de forma direta no ficheiro *Master*. Em termos mais específicos, esta função utiliza o ficheiro *Funções Leitura* não como base de dados temporária, mas sim como leitura do ano e mês escolhidos pelo utilizador e transformação em *strings* para a sub-rotina detetar os ficheiros corretos.

O processo de importação dos preços para o ficheiro *Master* é realizado através da sub-rotina *GetPrices*⁵, e o seu esquema de funcionamento está representado no fluxograma da figura 4.4.

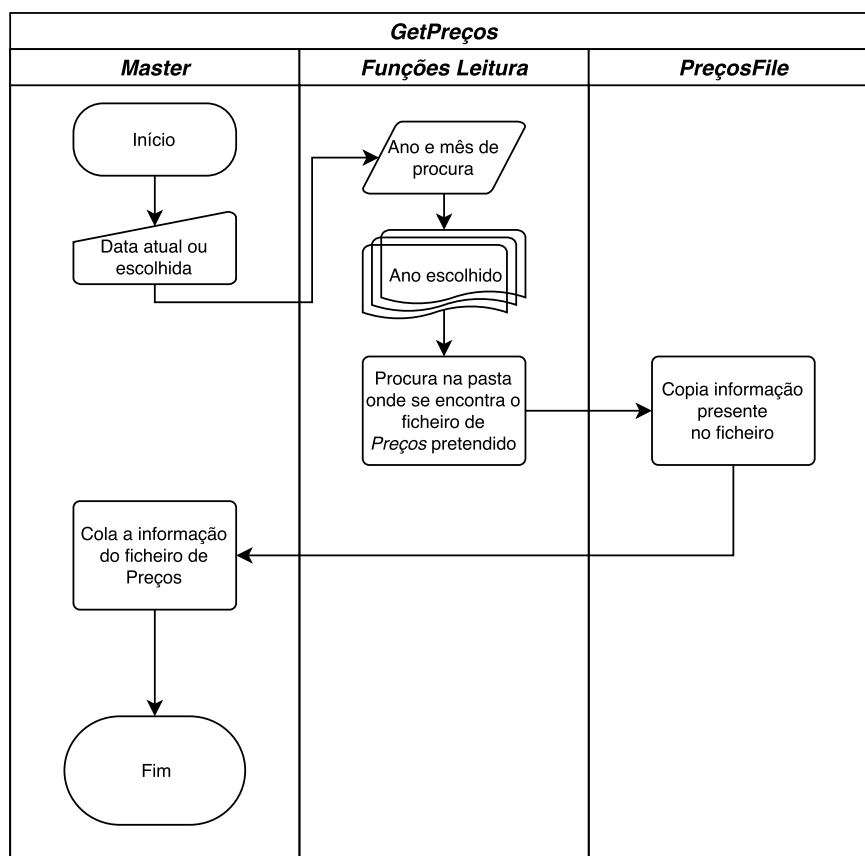


Figura 4.4: Fluxograma de funcionamento da sub-rotina *GetPrices*

³Sub-rotina contida no módulo *m_ImportPL* presente no apêndice A

⁴Tópico abordado na secção 4.2.1

⁵Sub-rotina contida no módulo *m_ImportPrices* presente no apêndice A

4. METODOLOGIA

Como resumo e para efeitos de documentação, na figura 4.5 está representado o funcionamento geral da ferramenta, demonstrando explicitamente os *inputs*, *outputs* e os processos utilizados pelo programa.

4.2. CRIAÇÃO DE SUB-ROTINAS E AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO

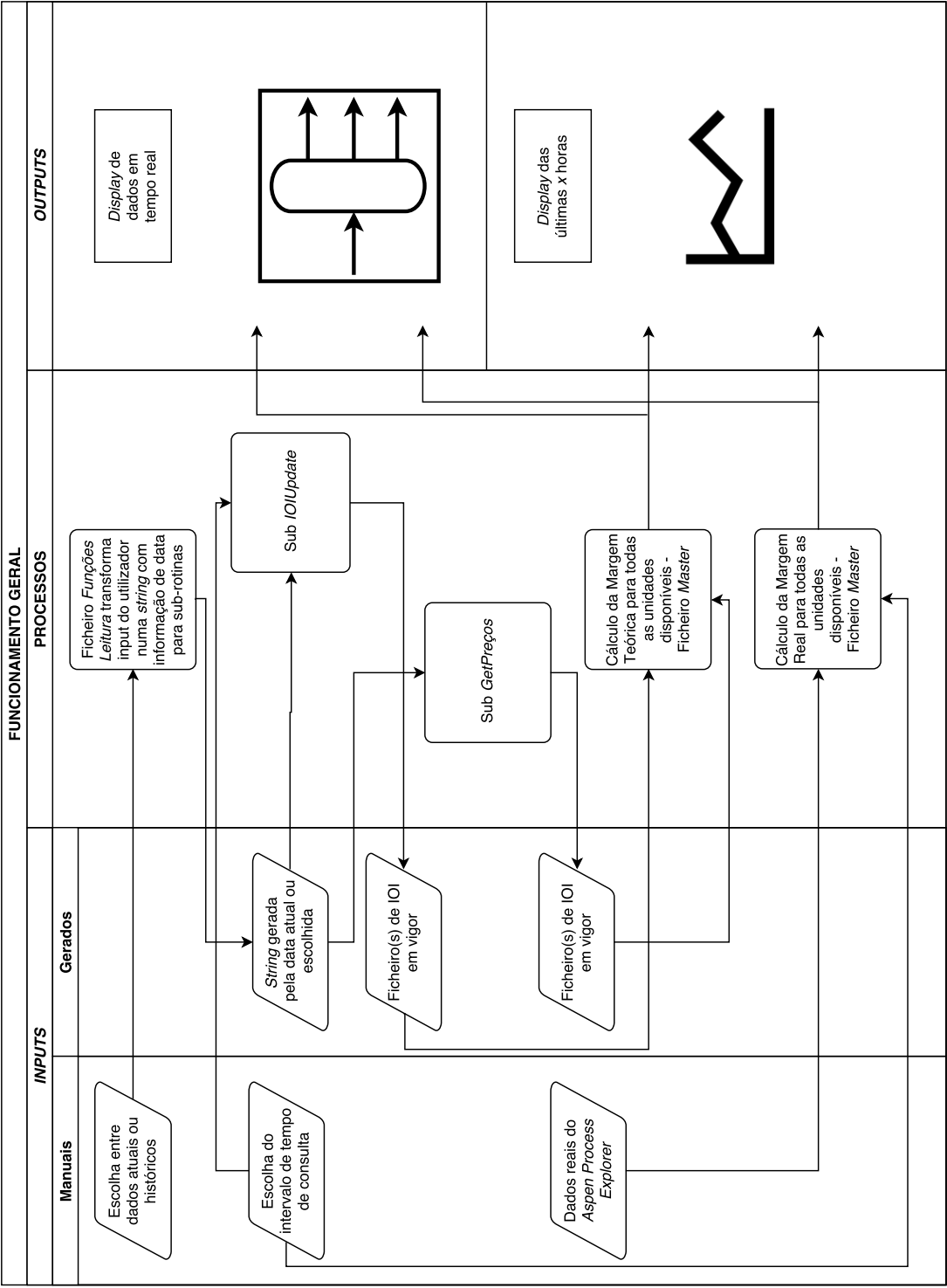


Figura 4.5: Funcionamento geral da ferramenta SOP - Sines' Online Performance



SOP - Sines' Online Performance

5.1 Cálculo de Margens Económicas

O ponto de partida deste cálculo é a definição da ordem pela qual se processam os dados: é obtida documentação interna, tais como *flowsheets* e *P&ID* das diferentes unidades, para poder obter as *tags* de referência para serem usadas no programa *Aspen Process Explorer*. Estes dados retirados através do programa sofrem um pré-tratamento efetuado pelo *software Aspen Process Explorer*, na forma de uma interpolação para o período consultado. Numa ótica de consulta dos dados atuais, este cálculo é feito para os últimos 5 minutos de dados obtidos. Porém, na ótica da consulta horária para as últimas 8, 16 ou 24 horas, são retirados pontos de 30 em 30 minutos através do mesmo método de interpolações.

É necessário para além de garantir que a unidade tem o seu balanço mássico "fechado", ainda que se utilizam correntes com, predominantemente, um tipo de produto/composto. Tratando-se de dados em tempo real com um tratamento matemático e tendo em conta que todas as unidades processuais têm as suas perdas, é óbvio que o balanço não vai ser igual a zero, pelo que o valor obtido do balanço *carga – produto* representa o valor das perdas da unidade. Caso não seja possível retirar diretamente apenas um composto de determinada corrente (correspondente a uma *tag*), é necessário fazer de novo o balanço à unidade a jusante.

Após tratar estes mesmo dados obtidos de cada medidor com o erro sistemático dos mesmos, é possível obter uma estimativa perto do valor real de cada corrente, em toneladas por hora. Estes erros dos medidores são atualizados mensalmente num ficheiro próprio, que se encontra diretamente ligado à ferramenta, e caso não tenha sido calculado qualquer erro para determinado medidor no atual mês, é considerado que não houve erro nessa medição.

Assim, é possível através do *Aspen Process Explorer* importar dados para o período pretendido - período esse escolhido pelo utilizador na página inicial da ferramenta - através da ligação à célula do ficheiro *Excel*. Ou seja, a data definida é variável, e por isso cada vez que o utilizador altera a data de consulta para o programa, este recalcula os valores das correntes. O próprio ficheiro de medidores é atualizado com recurso a código *VBA*, e atualiza sempre que o utilizador decide atualizar os preços das correntes - por ser, tal como este, um processo mensal.

É importante ainda entender a diferença entre margem horária e margem unitária. No caso da margem horária, é calculado puramente quanto valor (em \$/h) cada corrente gerou, e posteriormente é feito o balanço à unidade, estimando assim o valor horário gerado, como é representado na equação (5.1):

$$Margem_{Horária} = \sum \text{Correntes de saída} - \sum \text{Correntes de entrada} \quad (5.1)$$

As margens unitárias são calculadas somente dividindo a margem horária por um valor de referência, que normalmente é dado pela carga à unidade em toneladas por hora - uma exceção é a da unidade de Alquilação, na qual é tido em conta como valor de referência a produção de alquilado. Este cálculo está representado na equação (5.2):

$$Margem_{Unitária} = \frac{Margem_{Horária}}{Valor\ de\ Referência} \quad (5.2)$$

Tabela 5.1: Correntes consideradas para cada unidade processual

Unidade	Dest. Atmosférica	FCC	Hydrocracker	Platforming	Alquilação
Carga	Crude	VGO	VGO	Nafta Pesada	Butano
	LPG do Platforming	RAT BTE	Hidrogénio		Butileno
	Nafta	Off Gas			
		Nafta de Visbreaker			
Produto	Gases	Fuelgás	Fuelgás	Fuelgás	Propano
	Nafta	Propileno	LPG	Hidrogénio	Butano
	Petróleo	Butileno	Nafta	LPG	Alquilado
	Gasóleo Leve	Gasolina de Cracking	Jetfuel	Gasolina Platformada	
	Gasóleo Pesado	Swing-Cut	Gasóleo		
	Resíduo Atmosférico	LCO	UCO		
		Slurry			
		Coque			

Para importar os dados teóricos das correntes de cada unidade é necessário conjugar as informações dos ficheiros de PP (Plano de Produção) assim como os ficheiros de PM (Plano Mensal), pois em certas unidades é necessário cruzar informação com o objetivo de obter as quantidades planeadas para cada uma das correntes. As unidades que necessitam de dados do PM são o *Platforming* e a Alquilação por não terem informação tão detalhada no PP. Estes ficheiros, tal como referido no capítulo 4, são importados com recurso a módulos criados em *VBA*.

Após retirar os valores planeados das correntes, é feita a valorização com o que vem de acordo no ficheiro Preços - o mesmo ficheiro que é utilizado na valorização das correntes reais e atualizado mensalmente - e assim pode-se proceder ao cálculo das margens horárias e unitárias de acordo com as equações (5.1) e (5.2) respetivamente.

Em termos mais técnicos é portanto importante retirar a informação de certas células dos ficheiros PP, PM e Preços para fazer a correta valorização de cada corrente. No caso do PP, de uma forma geral, as informações para determinada corrente de uma das unidades vem expressa de forma semelhante nos diferentes ficheiros e na mesma localização, ou seja, na mesma célula. Sabendo que a informação do ficheiro externo vai ser sempre importada para a mesma folha do ficheiro *Master*, é possível associar, através de fórmulas simples do Excel os valores de interesse para o cálculo da margem económica teórica. Existem alguns casos específicos em que certos valores estão associados a *strings* dentro da mesma célula, pelo que é necessária a utilização das funções *RIGHT*, *LEFT*, *MID* e *LEN* que são funções básicas do Excel que permitem a seleção de apenas parte de uma string, tendo por base o número de caracteres da célula [52–55]. Foi ainda utilizada, em certos casos, a função *VALUE*, no caso de uma string que pretende representar um número, para posteriormente poderem ser realizadas operações matemáticas com a célula pretendida [56].

No caso dos dados retirados do ficheiro que contém o PM, esta operação não é tão direta. Visto que só é utilizada uma pequena parte das informações deste ficheiro, a sua importação para o ficheiro *Master* torna-se desnecessária. Assim, o PM é importado para um ficheiro intermediário designado por *DadosPL* onde se efetuam os cálculos necessários e a extração de informação das células do PM, de forma semelhante ao que é feito para o PP. Para o cálculo da margem teórica, são necessários retirar do PM dados acerca das unidades de *Platforming* e de Alquilação, mais nomeadamente relacionados com os produtos/cargas secundárias que não estão contemplados no PP. O PM também é importado para este ficheiro intermédio *DadosPL* através de um módulo com várias sub-rotinas implementado no ficheiro *Master*.

Os dados dos ficheiros de Preços são por sua vez retirados através de uma fórmula que faz correspondência entre o nome do crude ou da corrente, e retira a respetiva valorização em \$/tonelada, valores esses que são posteriormente utilizados para os cálculos das margens. Para fazer a correspondência mencionada, utiliza-se em conjunto duas fórmulas do Excel - *INDEX* e *MATCH* - selecionando todos os dados existentes no ficheiro de Preços, importado para uma folha do ficheiro *Master* [57, 58]. A fórmula utilizada para este efeito tem a seguinte *syntax*:

$$= INDEX(range;MATCH(lookup_value;lookup_range;match_type)), \quad (5.3)$$

onde o argumento *match_type* deve ser "0" para se obter uma correspondência apenas quando o valor é exatamente igual, ou seja, apenas quando o nome indicado para a corrente existe tal como é escrito [59].

No caso da valorização das correntes de crude, por vezes a tarefa é dificultada, pois estes mesmos nomes têm de ser retirados dos planos devido a existirem bastantes mudanças nos crudes alimentados à refinaria e estarem constantemente a surgir novos crudes para serem processados. Por vezes, os nomes que vêm descritos nos planos nem sempre correspondem exatamente aos do ficheiro de Preços, pelo que foi necessário criar uma tabela de conversão de nomes, que deve ser completada sempre que surgirem problemas com nomes de certos crudes. Esta tabela permite envolver a função representada em (5.3) num ciclo *IF*, fazendo com que cada vez que exista erro ao ler uma coluna de nomes de crude, a função leia a próxima e por aí em diante [60].

5.1.1 Alteração do Plano de Produção

Para o correto cálculo das margens teóricas de cada unidade, é importante identificar corretamente a altura em que ocorre alteração do PP, pois apesar de esta mudança estar identificada num panorama diário, é importante para uma ferramenta que trabalha em tempo real, conseguir identificar quando é que realmente a alteração de PP ocorreu, tendo em conta dados operacionais.

Assim, tal como já foi abordado na secção 4.2.2 da presente dissertação, é efetuada ao tanque pulmão (*TK250*) e é feito através das flutuações de nível no mesmo. Estas flutuações, quando dentro dos parâmetros definidos, representam alterações dos Planos de Produção. Os parâmetros definidos para o caso em questão são a data e o desvio padrão de todos os resultados obtidos para cada consulta, ou seja, caso a flutuação ocorra fora do intervalo considerado (3 horas antes do dia designado até 2 dias depois) esta é ignorada, assim como se for uma flutuação tão baixa que não influencie o desvio padrão da amostra.

O tempo de análise para identificar cada mudança foi definido empiricamente, tendo-se verificado que a alteração de PP nunca foi realizada antecipadamente no período total que a ferramenta abrange (é possível consultar dados desde início de 2017), e que o atraso máximo verificado foi cerca de um dia. A figura 5.1 visa demonstrar qual o período analisado para um caso específico, no qual o PP indicava que entrava em vigor no dia 15 de Abril:

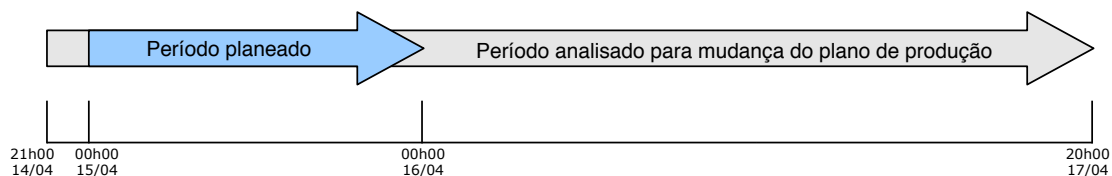


Figura 5.1: Esquema representativo do período de análise ao tanque pulmão - *TK250*

Como já foi referido anteriormente, esta análise é realizada num ficheiro intermédio designado por *Funções Leitura*, que é também o ficheiro para onde são descarregadas as informações dos PP, para serem posteriormente analisadas. Assim, as datas usadas como

período planeado para a mudança de PP consideradas são as que vêm como data de início do PP seguinte, informação esta que está sempre contida numa célula do ficheiro.

A análise ao período de mudança de PP é feita através da importação de dados do *Aspen Process Explorer* para a *tag TK250*. Foram retirados um ponto a cada hora, fazendo a média do nível registado para o tanque nessa hora, perfazendo o total de 72 pontos analisados por cada mudança de PP.

Tendo em conta que um período de análise na ferramenta (no máximo 24 horas) pode coincidir com, no máximo, dois PP, ao analisar a margem teórica é necessário fazer os cálculos em duplicado - com as informações do primeiro e do segundo PP em vigor. Assim, é importante definir para cada ponto analisado na ferramenta, a que PP corresponde. Foi então feita essa análise numa folha do ficheiro *Master* designada *Análise de IOI* que pretende aferir qual a margem horária teórica correspondente a cada ponto e também qual a margem unitária teórica que serve de comparação com a margem unitária real.

É possível identificar qual o PP em vigor para cada ponto, realizando o processo de:

1. Inserir fórmula numa célula que identifique se existe ou não mudança de PP para o período consultado (em termos concretos, é feito um ciclo *IF* que verifica se a folha *IOI_atual (2)*, que corresponde à folha que contem o segundo PP em vigor caso este exista, está ou não preenchida);
2. Novamente com recurso a ciclo *IF*, caso se verifique que existiu mudança de PP na célula definida no ponto 1, verificar se o ponto analisado é superior ou inferior ao ponto da mudança de PP, ou seja, se a hora analisada ocorreu antes ou depois da hora da mudança de PP.
3. Finalmente, fazer corresponder a cada ponto, mediante os resultados obtidos do ponto 2, a margem horária teórica calculada anteriormente, quer do primeiro, quer do segundo PP em vigor.

Para a identificação da margem unitária teórica em vigor o processo é semelhante mas simplificado, pois a análise é realizada somente para um ponto, neste caso, o mais recente do período consultado. Esta análise também é realizada na folha *Análise de IOI*.

5.1.2 Consumos Energéticos

Outro ponto que foi definido como sendo importante enquanto parte funcional da ferramenta foi o de possibilitar a visualização de dados considerando ou não considerando os consumos energéticos da unidade. São utilizadas retas de consumo teóricas que estão em plano e que são ajustadas periodicamente ao real e permitem, tendo em conta certos dados operacionais, aferir qual o consumo de Gás Natural em toneladas por hora de cada unidade. Assim, pode ser feito o cálculo do gasto energético para indexar à Margem Real, utilizando os dados operacionais reais, e para a Margem Teórica, utilizando os dados operacionais planeados (que vêm no PP ou no PM).

Estes cálculos são realizados no próprio ficheiro *Master*, na folha *Consumos*, na qual são calculados os consumos em tempo real e para as últimas 8, 16 ou 24 horas, dependendo da escolha do utilizador. Também é tido em conta que caso haja mudança do PP a meio da análise, este considere os dados operacionais planeados do PP correto. Todo o processo inerente ao cálculo dos consumos é realizado sem recurso a VBA e simplesmente com fórmulas do *Excel*.

5.1.3 Consulta de Dados Históricos

Uma das decisões tomadas desde início foi a de ter a ferramenta funcional para consultar dados históricos, que o utilizador pode escolher através de diferentes botões, de forma simplificada. Os botões escolhidos são designados por *Dropdown Lists*, que estão associadas a células que contêm os valores que surgem nas listas, assim como a uma célula que representa qual o valor escolhido pelo utilizador. Com estes valores associados, através de código em VBA¹ alteram-se as células que servem de data de início e fim para o *Aspen Process Explorer* e é possível ter alteração dos resultados obtidos de forma interativa e acessível.

Estas células onde estão contidas as datas escolhidas pelo utilizador definem, de certa forma, todos os recursos que são importados para o ficheiro *Master* e os restantes ficheiros de apoio, pelo que é importante assegurar o correto funcionamento das mesmas em qualquer circunstância.

5.2 Visualização e Resultados

Em termos de visualização e dos resultados obtidos, o objetivo foi o de diminuir a perceção de que se trata de um ficheiro *Excel* mas sim um *dashboard* interativo, onde se navega através de botões construídos no próprio *display* da ferramenta. Assim, seguiram-se algumas regras no que diz respeito às opções mostradas no ficheiro em si, tais como, para efeitos de visualização, retirar elementos que são familiares nas folhas de *Excel*, como por exemplo as *gridlines*, os cabeçalhos de coluna e linha, a barra de fórmulas, as barras de navegação horizontal e vertical (desnecessárias, pois o *dashboard* permite visualizar toda a informação necessária num só ecrã) e a barra que permite navegar entre folhas, pois a navegação é realizada diretamente na ferramenta, através dos botões criados. Para retirar estas opções *default* do ficheiro *Excel* foram seguidos os passos representados no Apêndice B.

Relativamente à opção da remoção da barra de fórmulas, esta é possível mas quando efetuada faz com que outros ficheiros de *Excel* para os quais o utilizador poderá precisar de utilizar esta opção passe a estar inativa. Assim, para prevenir que tal aconteça, cada vez que o ficheiro é fechado esta opção volta a estar ativa para outros ficheiros. Esta operação

¹Código presente no Apêndice A

é controlada através de código implementado em VBA em ambiente *ThisWorkbook - Sheet Active*².

Ainda que devido a retirar a barra de navegação de folhas no ficheiro impossibilite a alteração das mesmas de forma direta, existem atalhos de teclado e outros métodos para aceder às folhas de forma indireta, pelo que é necessário "escondê-las" através da opção *hide*. No fundo, o objetivo é não possibilitar a visualização das folhas que contenham *raw data* e os cálculos efetuados para chegar aos valores finais e apenas mostrar os conteúdos com aspeto de *dashboard*.

Tendo as *guidelines* definidas e todos os cálculos necessários efetuados, foi possível passar ao desenvolvimento do aspeto geral da ferramenta. De uma forma geral, existem dois tipos de *display*: o do menu inicial, que é sempre o visualizado ao aceder à ferramenta, e o de cada unidade processual, que são semelhantes entre si, apenas com pequenas diferenças. O menu inicial da ferramenta está representado na figura 5.2.

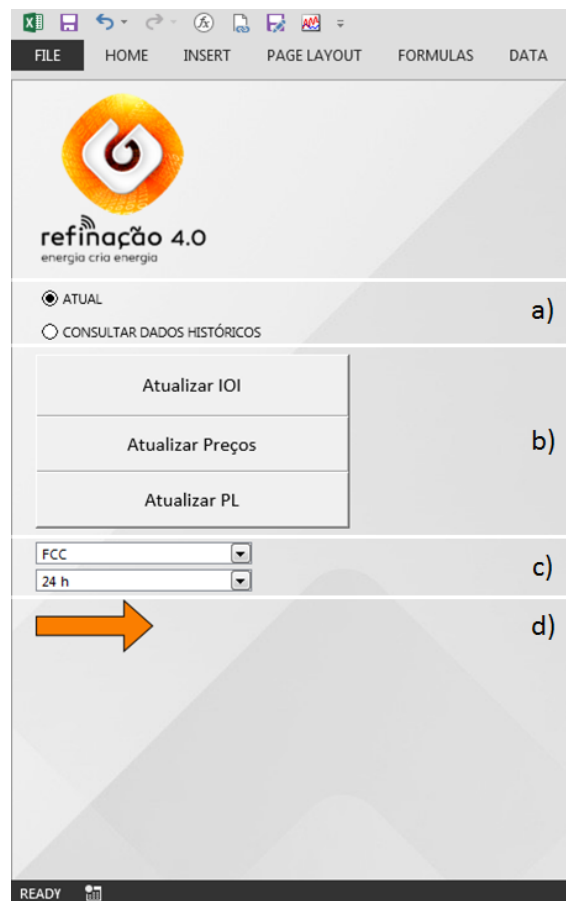


Figura 5.2: Menu inicial da ferramenta SOP: a) Seleção de consulta em tempo real ou dados históricos; b) Botões de atualização/manutenção; c) Escolha da unidade e intervalo de tempo a consultar; d) Botão para aceder ao *dashboard* tendo em conta as opções selecionadas

Na zona de seleção 5.2 a) o objetivo é escolher qual a opção de consulta que se pretende - se a de dados atuais (opção *default*) ou a opção de consultar dados históricos. Esta última

²Código presente no Apêndice A

faz com que ocorra uma modificação no menu inicial, aparecendo assim as *dropdown lists* que permitem escolher a hora, dia, mês e ano que se pretende consultar - situação representada no Apêndice B.

Os botões representados na área 5.2 b) são de acesso restrito à área de APPD ou a níveis de acesso superiores, e devem ser utilizados de acordo com a sua necessidade, ou seja, sempre que entrar em vigor um novo PP (Atualizar IOI), Preços de correntes (Atualizar Preços) e um novo PM (Atualizar PL) - tendo os dois últimos, geralmente, um caráter de atualização mensal.

Na zona de seleção 5.2 c) estão disponíveis duas *dropdown lists* que visam escolher qual a unidade processual que se pretende consultar inicialmente e qual o intervalo de consulta pretendido, no qual o intervalo *default* da ferramenta é o de oito horas, que corresponde à visualização de um turno inteiro. No caso da escolha das unidades, estão disponíveis as cinco unidades propostas inicialmente mais seis outras para as quais a ferramenta ainda não foi desenvolvida mas será futuramente. No entanto, sempre que o utilizador tente aceder ao *dashboard* destas unidades indisponíveis, será devolvida uma *Message Box (MsgBox)* a informar que a unidade não está disponível para consultar e para escolher uma das unidades disponíveis - situação representada no Apêndice B.

O botão na zona 5.2 d) serve de acesso às folhas onde estão representados os *dashboards* para as diferentes unidades processuais. De notar que esta é a forma usada ao longo das diferentes folhas da ferramenta para aceder às outras unidades, sem ser necessário voltar ao menu inicial, como se verá mais à frente. Nesta forma está contido o módulo *m_UnitSelection_2*³, código este que tendo em conta o nome gerado pela *dropdown list* de escolha da unidade (zona 3 da figura 5.2), permite navegar até ao *dashboard* correspondente.

Através do menu inicial, e tendo todas as atualizações necessárias para o correto funcionamento da ferramenta efetuadas, ao clicar no botão da zona 4, o utilizador passa à visualização do *dashboard* da unidade processual escolhida. Caso fosse utilizado o botão da zona 4 nas condições da figura 5.2, o *dashboard* obtido seria o que está representado na figura 5.3.

Relativamente ao *dashboard* de cada unidade, de uma forma geral, esta é a sua apresentação com 4 zonas distintas.

Na área 5.3 a) está representado um esquema simplificado da unidade, no qual é possível observar:

- Quais as correntes que a compõem, que vão de acordo com as representadas na tabela 5.1 e também a corrente de energia consumida, caso esteja selecionada a opção para visualizar este gasto;
- Medida física (em toneladas por hora) por cada corrente;

³Código no Apêndice A

5.2. VISUALIZAÇÃO E RESULTADOS



Figura 5.3: *Dashboard* da unidade de Destilação Atmosférica: a) Esquema da unidade; b) Margens unitárias e valores típicos; c) Representação gráfica da margem horária; d) Menu de navegação

- Valorização de cada corrente em dólares por hora, valores estes que vêm dos cálculos efetuados para a margem horária da unidade.

Na zona 5.3 b) do *dashboard* é possível consultar uma série de diferentes elementos:

- No topo, podem-se consultar as perdas (também denominadas "quebras") da unidade, que juntamente com os dados de consumo energético, permitem fazer uma análise aos consumos e quebras (C+Q) da unidade processual. Estas perdas físicas são, de uma forma geral, atribuídas à *flare* correspondente.
- Ao meio existe um indicador no formato de um círculo, que visa indicar através das cores verde ou vermelho se a margem real unitária está acima ou abaixo da margem teórica unitária, respetivamente. Para esta mudança de cor ocorrer, foi necessária a implementação de código VBA em ambiente de *Worksheet_Activate*⁴ para que sempre que o utilizador visualize o *dashboard*, seja possível ter o indicador da cor correta. Para efeitos quantitativos, foi considerado que era também importante ter os valores obtidos por estas margens representados (em dólares por tonelada).
- Em baixo, existem para algumas unidades valores operacionais típicos que podem ser consultados, geralmente adquiridos diretamente através de *tags* do *Aspen Process*

⁴Código no Apêndice A

Explorer ou através de cálculos realizados no próprio ficheiro. Neste caso, é representada a percentagem mássica de Gasóleo Pesado (GOP) que está a sair no corte de Resíduo Atmosférico (RAT) e o montante (dólares por hora) que se está a perder, devido a mau fracionamento. Para esta situação específica, o valor representado não é transmitido em contínuo, pois depende de análises laboratoriais e possui cálculos associados.

Na figura 5.3 c) está representado um gráfico cujo objetivo é o de comparar diretamente a margem real horária obtida para a unidade com a margem teórica (planeada) horária. O intervalo de tempo na qual se consulta é escolhido pelo utilizador e pode ser feito no menu inicial (figura 5.2) ou no próprio *dashboard*, evitando ter de recorrer ao menu inicial sempre que se deseja alterar o intervalo de consulta.

Na área 5.3 d) está representado o menu para a navegação dos *dashboards*, sendo esta zona igual para todas as unidades processuais. De cima para baixo estão presentes os elementos:

- Logo após o logo da *Refinação 4.0*, está a seta que volta para o menu inicial, caso seja necessário fazer alguma atualização ou alterar a data de consulta dos dados;
- De seguida está representada a seta de acesso às restantes unidades, que funciona de forma semelhante à que possui a mesma função na folha do menu inicial. Assim, também esta funciona de acordo com o módulo *m_UnitSelection_2*, definido para a seta do menu inicial.
- Seguidamente foi implementada uma caixa que permite variar entre dados com e sem consumo energético, caso o utilizador pretenda consultar as margens económicas obtidas sem contar com a influência dos consumos energéticos (Para maior detalhe ver Apêndice B). Associado a este botão está implementado código em VBA⁵ que faz uma simples navegação pelas folhas correspondentes às diferentes unidades processuais.
- De seguida estão definidas as *dropdown lists* para o intervalo de consulta de dados e para a escolha da unidade, que são cópias das que se encontram no menu inicial, pelo que estão associadas às mesmas células.
- Por fim encontra-se definido o botão utilizado para recalcular todos os dados obtidos. A este botão está ainda associado um módulo que visa, para além de recalcular os dados de todo o ficheiro, fazer com que a folha que está ativa (*dashboard* que o utilizador está a observar), volte a ativar, obrigando assim a fazer também atualização às sub-rotinas implementadas em ambiente *Worksheet_Activate* já descritas, permitindo que os eixos do gráfico e que o indicador de Margem Económica também atualizem.

⁵Código em Apêndice A

5.2. VISUALIZAÇÃO E RESULTADOS

De uma forma semelhante ao trabalho realizado para a Destilação Atmosférica, os *dashboards* para as restantes unidades estão representados nas figuras 5.4 a 5.7. Nos *dashboards* representados, tanto como no da figura 5.3, por motivos de confidencialidade, os dados económicos encontram-se ocultos. A versão completa dos *dashboards* pode ser consultada no apêndice B.

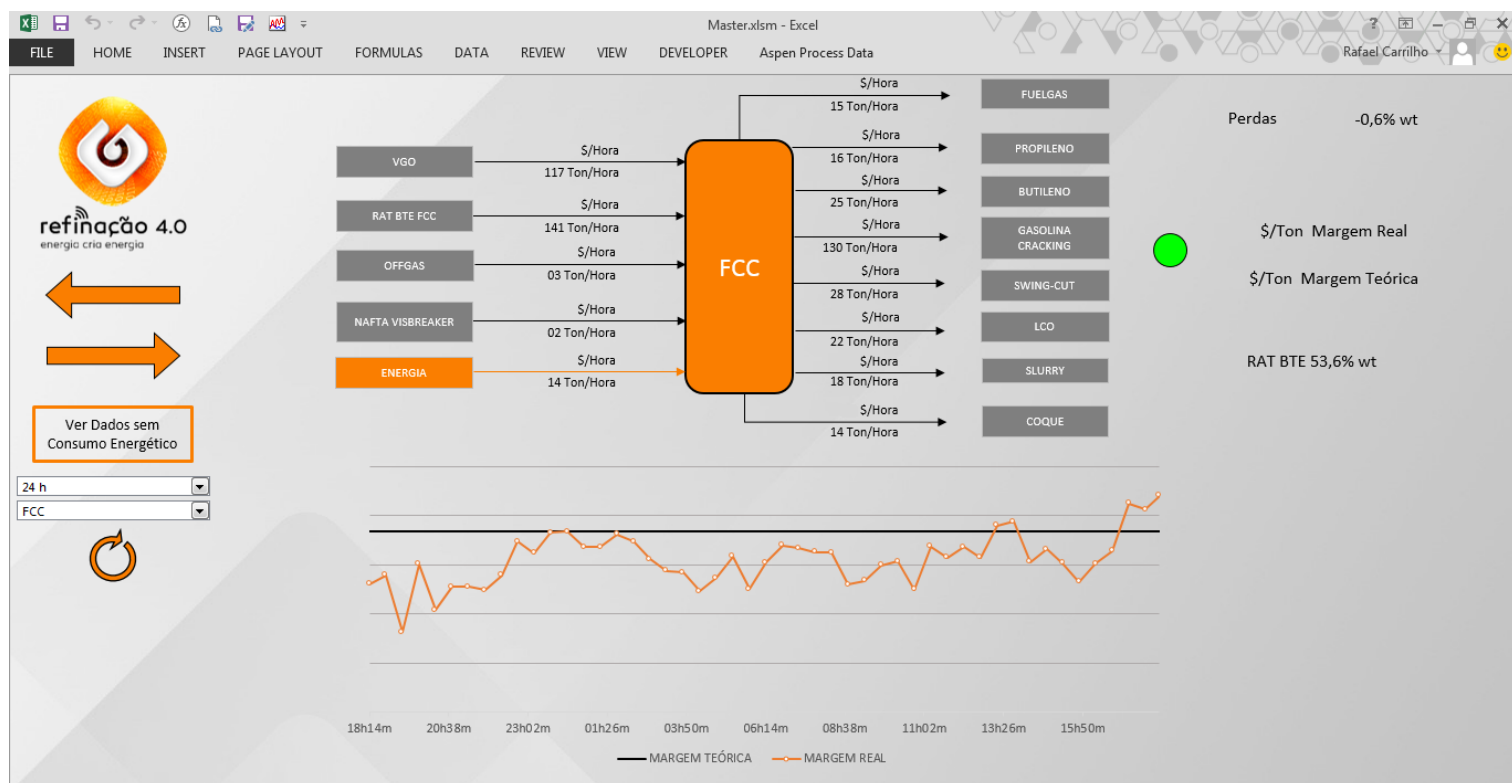


Figura 5.4: *Dashboard* da unidade de FCC

5. SOP - SINES' ONLINE PERFORMANCE

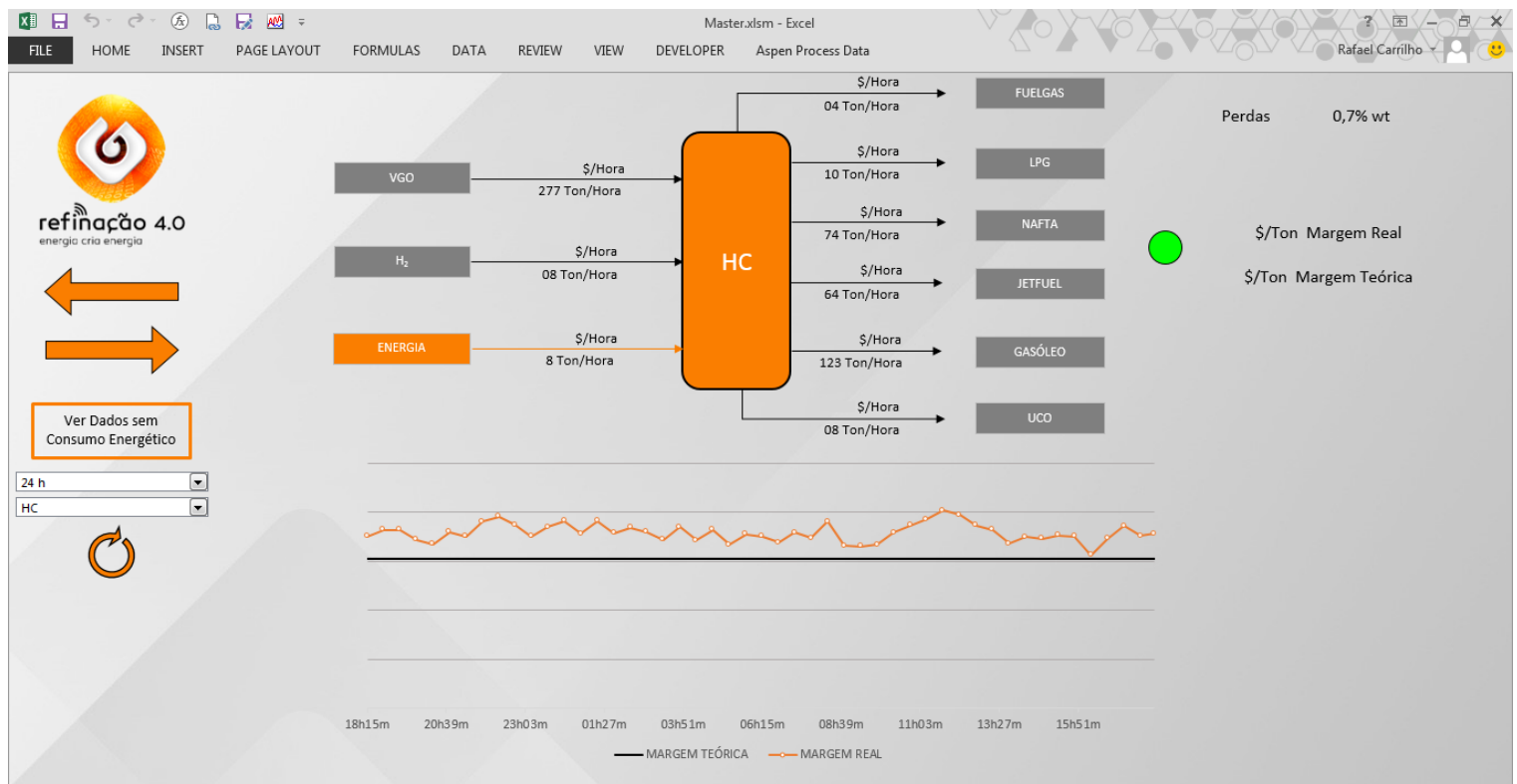


Figura 5.5: Dashboard da unidade de Hydrocracking

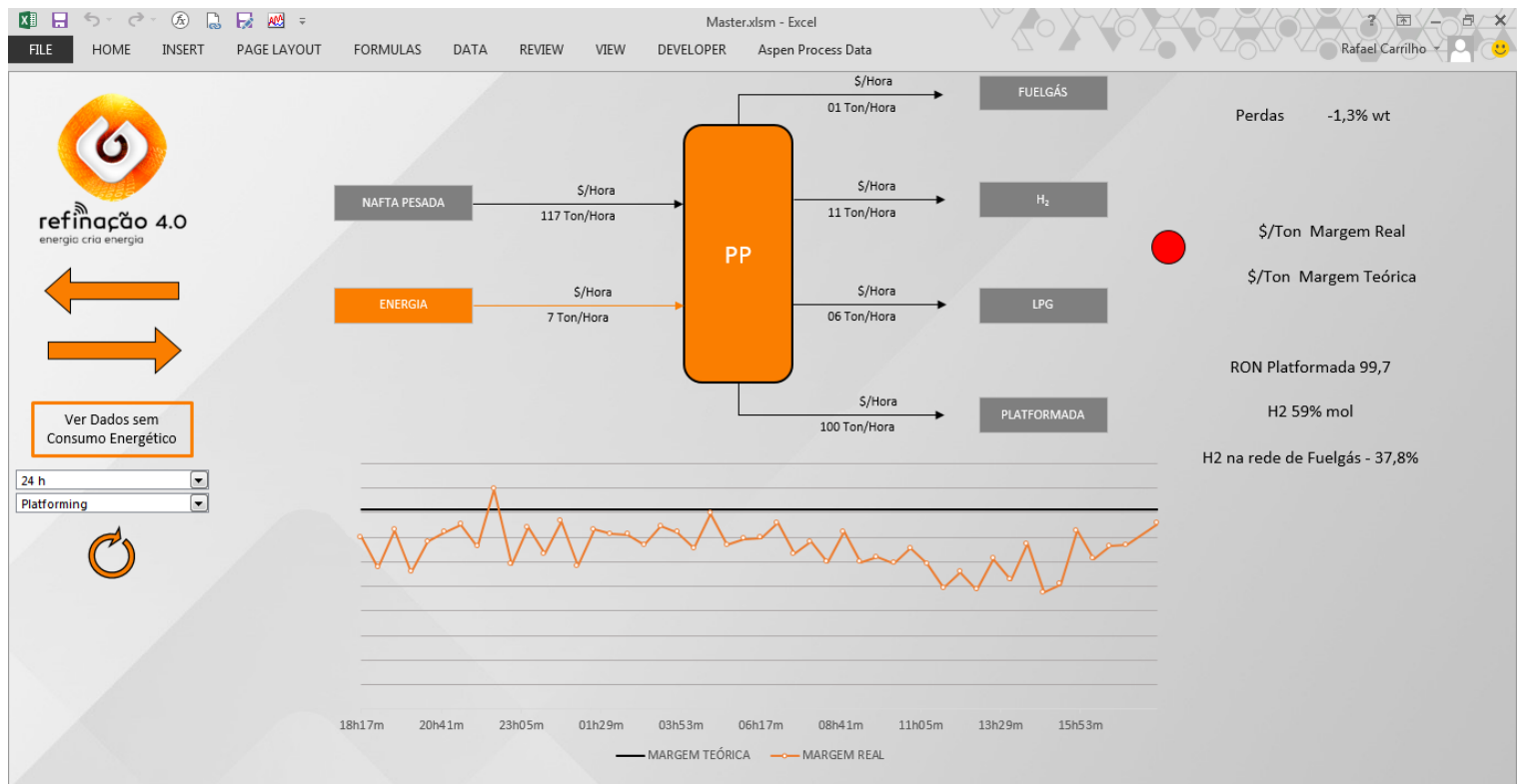


Figura 5.6: Dashboard da unidade de Platforming

5.2. VISUALIZAÇÃO E RESULTADOS

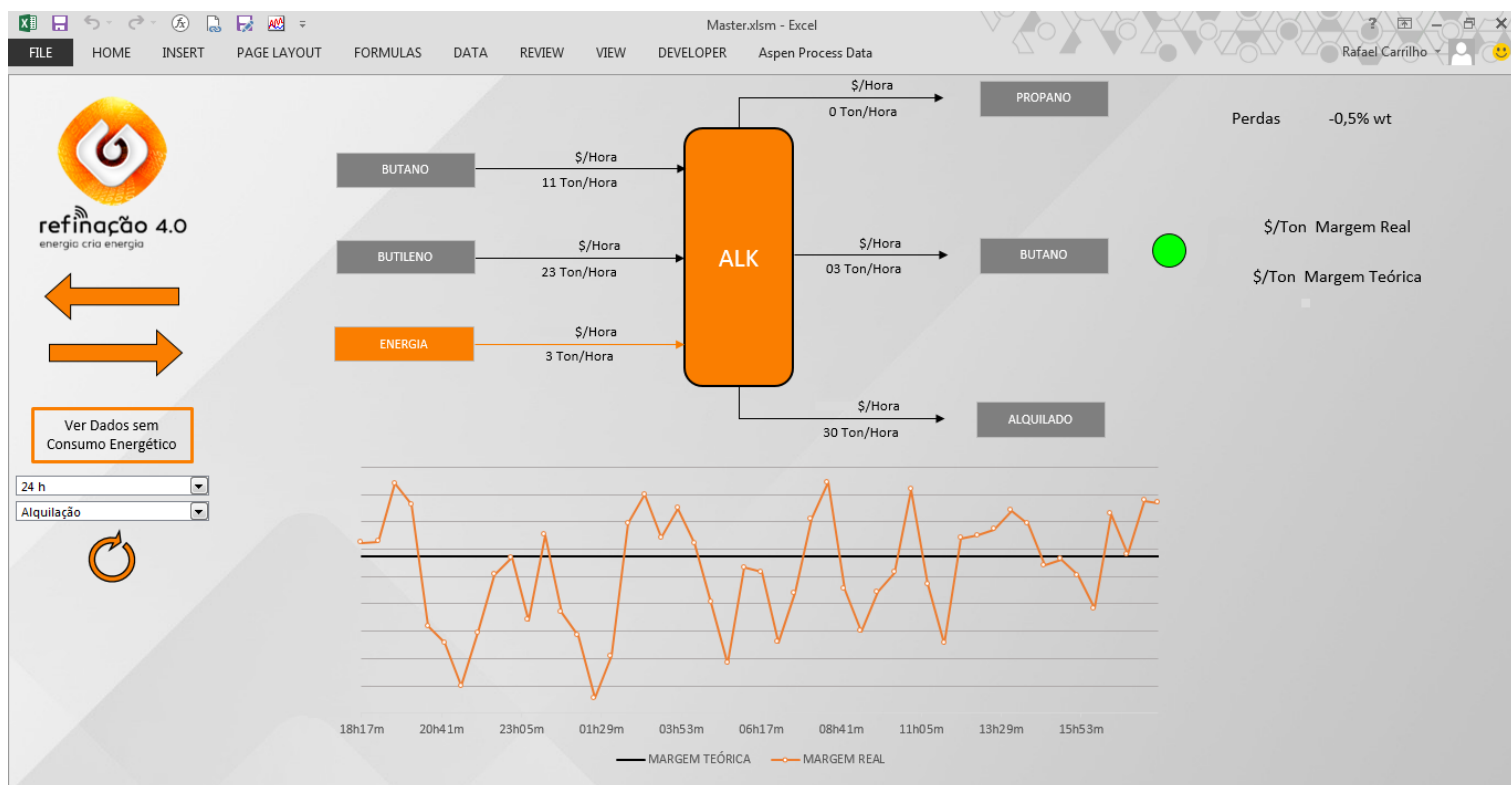


Figura 5.7: *Dashboard* da unidade de Alquilação

Um problema comum que pode ocorrer na visualização de *dashboards* é o da resolução do ecrã em que este foi criado ser diferente da resolução de ecrã dos aparelhos que serão usados pelos colaboradores, aquando da consulta da ferramenta. Assim, para resoluções mais elevadas, as formas do *dashboard* ficariam muito pequenas (o espaço disponível não seria bem aproveitado) enquanto que no caso de resoluções mais baixas seria necessária a navegação com as *scroll bars* - algo que não é desejável numa ferramenta deste tipo, cujo objetivo é visualizar todos os dados de interesse num só *display*.

Tendo isto em conta, foi desenvolvido código em VBA⁶ que permite o ajuste dos *dashboards* obtidos de forma automática, ou seja, todas as formas ocupam o espaço da melhor forma possível. A implementação deste código não é inteiramente automática, e segue os seguintes passos:

1. Alteração da resolução do próprio PC onde se está a desenvolver a ferramenta;
2. Ajustar formas que compõem o *dashboard* para melhor se ajustarem ao espaço disponível;
3. Correr (*Run*; ALT+F8) a sub-rotina *Snapshot_View* que envia para a *Immediate Window* a localização de todas as formas detetadas na folha onde se correu a sub-rotina.

⁶Código no Apêndice A

4. Criar uma nova sub-rotina dentro do mesmo módulo que contém a *Snapshot_View*, tipicamente com o nome da resolução escolhida no passo 1, e copiar o conteúdo da *Immediate Window* para esta nova sub-rotina;
5. Acrescentar restrições de altura e largura à sub-rotina *Change_View*, também esta contida no mesmo módulo das anteriores.
6. Repetir passos de 1 a 5 para cada um dos *dashboards* e para cada uma das resoluções.

A ferramenta faz o ajuste automático para as seguintes resoluções de ecrã:

- 1920x1080
- 1366x768⁷
- 1280x1024
- 1280x800
- 1280x720
- 1152x864

5.3 Caso de Estudo: Resultados dos meses de março e abril

5.3.1 Abordagem utilizada

No presente capítulo, a análise e discussão de resultados é realizada de duas formas distintas mas complementares:

- Inicialmente é realizado um estudo mensal, neste caso ao mês de Março e posterior comparação com o mês de Abril, para estudar o quão próximos foram as margens obtidas pelo modelo económico em tempo real relativamente à margem planeada e à margem calculada através dos balanços de produção reconciliados (valores de referência no contexto da Refinaria);
- Posteriormente, para relacionar com as variáveis processuais e propor melhorias, é importante relacionar eventuais perdas mensais com estas variáveis operacionais, fazendo uma análise de sensibilidade aos fatores que mais influenciam as margens de refinação.

Em termos de abordagem e contexto para esta análise, foi seguida uma metodologia semelhante à utilizada num ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), representada na figura 5.8 [61]:

Neste caso, o que o ciclo pretende demonstrar é que da Operação de Refinação surgem os dados físicos do que foi obtido, que podem ser transformados em Margens Económicas,

⁷Resolução na qual a ferramenta foi desenvolvida e vai ser utilizada operacionalmente

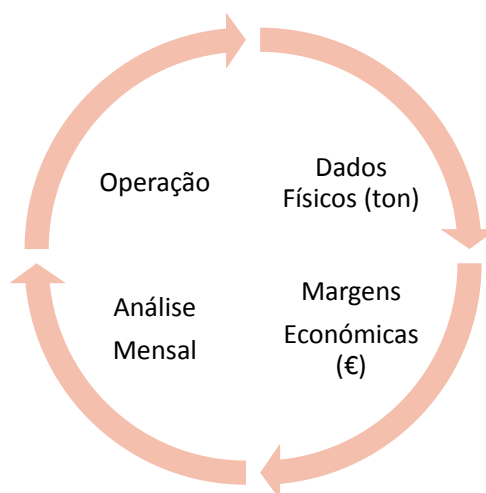


Figura 5.8: Abordagem para a análise aos resultados obtidos

às quais pode ser feita posteriormente uma Análise Mensal detalhada. Após ter a Análise Mensal realizada, avaliando os *gaps* económicos, é possível entender através da análise de sensibilidade quais às variáveis operacionais que influenciaram a margem. De seguida, o ciclo prossegue, novamente para as operações, mas desta vez com as variáveis processuais alteradas conforme o planeamento que vem da análise mensal, e todo o ciclo pode ser repetido.

De uma forma mais específica, o objetivo principal deste capítulo é o de, através do *gap* económico obtido no final do mês (ou em certos *gaps* a meio do mês), conseguir aferir através das diferentes formas conhecidas de influência da margem económica, quais as variáveis determinantes para ocorrência desses mesmos *gaps*.

Inicialmente, é importante definir à partida quais os valores que vão ser comparados para o estudo dos meses de março e abril, relativamente às margens económicas.

O objetivo é, para além de comparar a aproximação das Margens Económicas obtidas pelo modelo online, também conseguir identificar os *gaps* (diferenças) dos valores do balanço de produção reconciliado e do modelo online relativamente às Margens Económicas planeadas. Assim, para efeitos de comparação, foram tidas em conta as margens calculadas pelos PP (Planos de Produção) de cada mês, pois este tipo de planeamento corresponde mais aproximadamente às condições operatórias pretendidas para a Refinaria do que o PM (Plano Mensal), que é estabelecido no início de cada mês.

O valor que é admitido como o real, ou seja, aquele que serve como *target* para o modelo online é o proveniente do ficheiro *BalProd* (Balanço de Produção) que vai sendo completado ao longo do mês pela equipa de APPD e, no fim do mês, é feito o "fecho" do balanço de forma reconciliada, e são estes os valores de referência utilizados na Refinaria para posteriores análises (como por exemplo, análise de performance).

Devido à unidade de Destilação Atmosférica não estar diretamente relacionada com os margens de refinação - muitas vezes apresenta até margem negativa - a análise mensal e de sensibilidade não é realizada para esta unidade processual, mas antes no impacto que teve nas unidades a jusante.

A metodologia de execução desta análise começa na criação de um ficheiro separado, no qual são calculadas as margens económicas para cada unidade de acordo com as mesmas *tags* e os mesmos erros associados que foram utilizados no ficheiro *Master*. Para o cálculo destas margens são importados dados do mês inteiro em análise, seguindo a lógica de retirar um ponto por hora que seja a média do que foi obtido para aquele medidor. Tendo em conta que os dados retirados vêm sempre na unidade de x por hora, basta fazer o somatório dos valores importados do *Aspen Process Explorer* para totalizar o que foi obtido no final do mês.

Neste caso, como o objetivo, para além de calcular o *gap* mensal, passa também por representar graficamente as margens económicas acumuladas ao longo do mês, foi escolhida a abordagem mais minimalista de representar um ponto por dia, que resulta do somatório de 24 pontos retirados do *Aspen Process Explorer*.

5.3.2 Análise Mensal: Resultados obtidos para FCC, HC, PP e ALK

O cálculo dos *gaps* económicos para as unidades discutidas é realizado segundo a equação (5.4):

$$Gap\ Económico\ (\$) = \sum_{i=1}^{n^{\circ}\ de\ dias} Margem\ Plano - \sum_{i=1}^{n^{\circ}\ de\ dias} Margem\ Real \quad (5.4)$$

Nas secções seguintes serão discutidos os resultados obtidos para cada unidade em cada mês. Contudo, de uma forma geral, os *gaps* económicos para cada unidade nos meses de março e abril estão representados na tabela 5.2:

Tabela 5.2: Resultados obtidos para os *gaps* económicos nos meses de março e abril em percentagem⁸

	ONLINE		BalProd	
GAP (%)	Δ Março	Δ Abril	Δ Março	Δ Abril
FCC	-6,1%	2,2%	2,5%	1,4%
HC	-2,4%	-10,5%	-9,3%	-8,1%
PP	6,0%	6,5%	5,8%	9,3%
ALK	-6,6%	-6,8%	-12,3%	-13,1%

Os dados da tabela 5.2 dão uma visão geral da diferença de margens entre o planeado e o real, quer este seja representado pelo modelo online ou pelo balanço de produção.

⁸Valores reais representados no Apêndice C

5.3. CASO DE ESTUDO: RESULTADOS DOS MESES DE MARÇO E ABRIL

Para o cálculo dos *gaps* em percentagem foi utilizada a equação (5.5):

$$Gap\ Económico\ (\%) = \frac{\sum_{i=1}^{n^{\circ}\ de\ dias} Margem\ Plano - \sum_{i=1}^{n^{\circ}\ de\ dias} Margem\ Real}{\sum_{i=1}^{n^{\circ}\ de\ dias} Margem\ Plano} \quad (5.5)$$

Assim é possível ter uma medida relativa, que toma como valor fixo (ou valor de referência) os pontos calculados com a margem económica planeada.

FCC

No caso do FCC, os resultados obtidos apresentam alguma variabilidade, sobretudo no mês de Março, mas uma boa aproximação no mês de Abril. Assim, é importante visualizar o que ocorreu nestes dois meses, e verificar uma possível ocorrência que possa ter perturbado os resultados obtidos.

Nas figuras 5.9 e 5.10, é possível obter uma comparação dos valores acumulados para os meses de março e abril, respetivamente; de margens planeadas (PP) e margens reais, quer do modelo online (ONLINE), quer do balanço de produção (BALPROD):

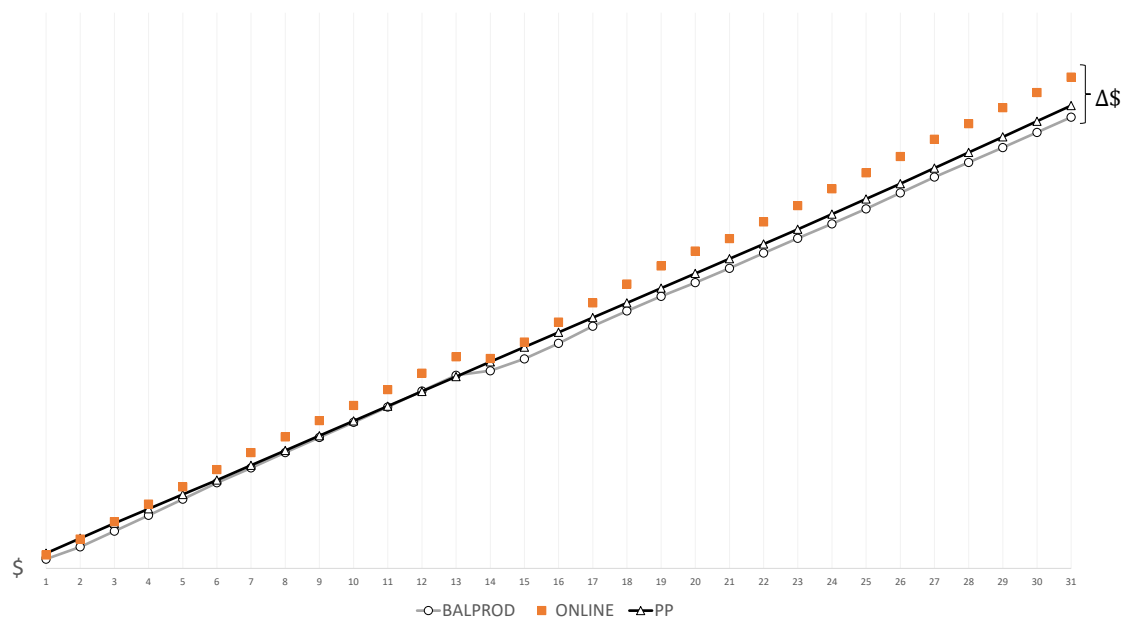


Figura 5.9: Resultados obtidos para a unidade de FCC no mês de março de 2018

É possível verificar de imediato que existem dias de quebras na margem económica real, tanto nos dados do balanço de produção como nos dados do modelo online para os dias 14 de março e 30 de abril. Visto que se afastam claramente do plano, estas quebras estão relacionadas com paragens não programadas à unidade, denominados de *upsets*.

Nestes casos, em termos práticos, muitos dos medidores deixam de registar valor, e os cálculos efetuados no ficheiro *Master* acabam por ficar sem efeito e dar erro do tipo

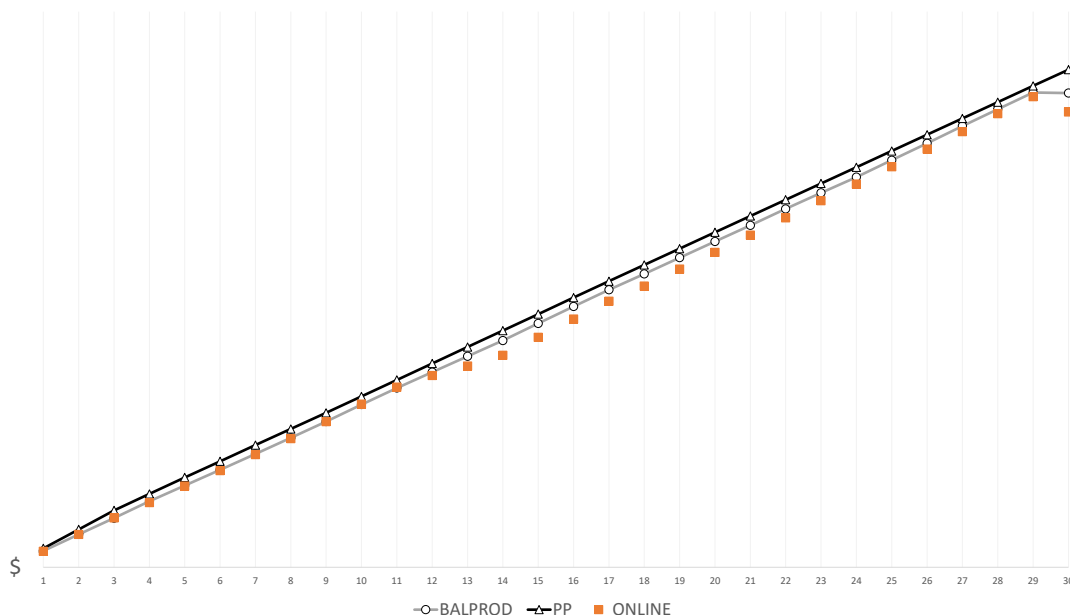


Figura 5.10: Resultados obtidos para a unidade de FCC no mês de abril de 2018

VALUE!, pelo que as margens económicas geralmente assumem também este erro. Assim, apesar de existir uma quebra, a ferramenta não quantifica essa mesma quebra, pelo que esta apresenta-se meramente para análise qualitativa.

Visto que para o mês de abril essa quebra na margem económica ocorreu apenas no dia 30, o valor calculado para o *gap* acaba por ser ao fim de 29 dias, permitindo assim fazer uma análise ao FCC para um mês anormal (com paragem não programada) comparativamente a um mês normal. Assim, o valor do *gap* económico apresentado na tabela 5.2 é relativamente ao acumulado de 29 dias.

Existem ainda, de forma menos evidente, quebras na margem online que não se verificam quando estas são calculadas com o balanço de produção, como por exemplo entre os dias 12 e 14 de abril, visíveis no gráfico da figura 5.10. O mais comum nestes casos é o de apenas um medidor ter deixado de funcionar corretamente. Em termos práticos existem três fenómenos relacionados com o funcionamento dos medidores que podem afetar os dados utilizados pela ferramenta:

- Ausência de medição por completo, situação na qual existe tentativa de retirar dados utilizando a *tag* correspondente ao medidor é devolvida simplesmente uma célula em branco;
- Medição igual a 0, o que leva a uma situação semelhante à anterior mas, neste caso, os cálculos efetuados no ficheiro *Master* e no próprio ficheiro de análise mensal não devolvem erro;
- Medição constante, situação na qual o medidor fica "preso" e regista continuamente o mesmo valor em vez de ocorrerem as habituais pequenas flutuações no valor

registrado.

Assim, conclui-se que a performance da unidade foi ligeiramente negativa e ainda é possível verificar que, entre março e abril, o erro sistemático para o modelo *online* do FCC foi corrigido.

Hydrocracker

Para a unidade de HC, pela tabela 5.2, é possível verificar que também existe alguma variabilidade sobretudo no mês de março, enquanto que no mês de abril os dados reais entre margem online e do balanço de produção já se afastam do planeado de forma semelhante.

Nos gráficos das figuras 5.11 e 5.12 estão representados os resultados obtidos para esta unidade para o mês de março e abril, respetivamente:

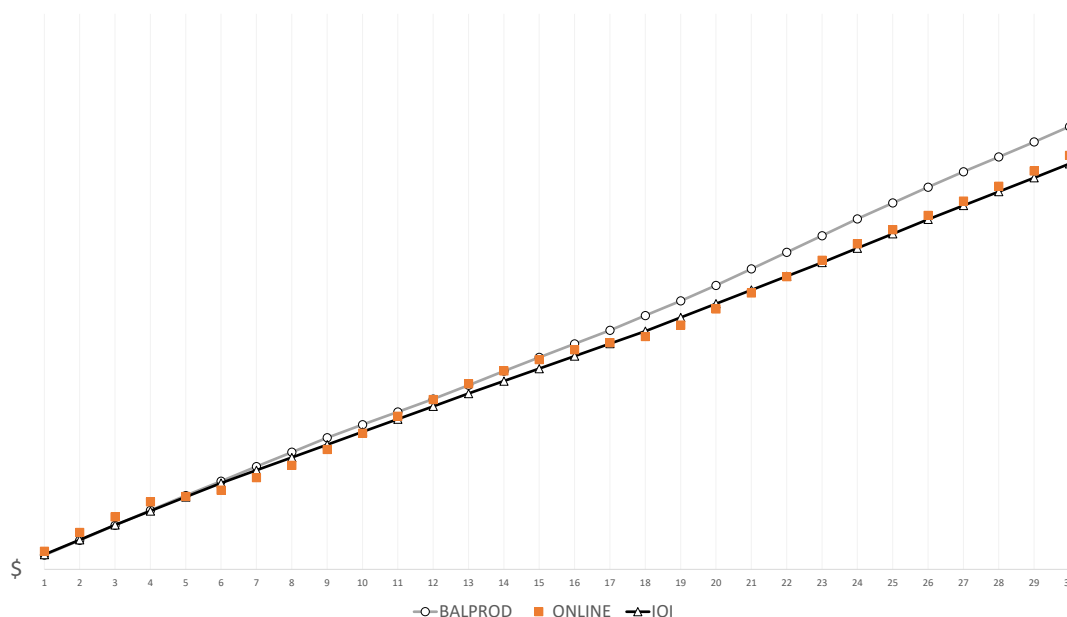


Figura 5.11: Resultados obtidos para a unidade de *Hydrocracking* no mês de março de 2018

Pela análise do gráfico da figura 5.11 pode-se concluir que existiram em março dois momentos de quebra de margem no modelo online que não foram registados no balanço de produção, pelo que estão relacionados provavelmente com erros nos medidores, assunto que será estudado na secção de Análise de Sensibilidade. Estas quebras ocorrem nos intervalos de dias 5 - 7 e dias 16 - 18, como se pode observar no gráfico.

Do gráfico da figura 5.12 verifica-se que o modelo acompanha relativamente bem os dados do balanço de produção, sem quebras muito evidentes na margem económica obtida.

De uma forma geral, ao contrário do que é verificado na unidade de FCC, as margens reais superaram o que estava planeado em ambos os meses, verificado tanto pelo modelo

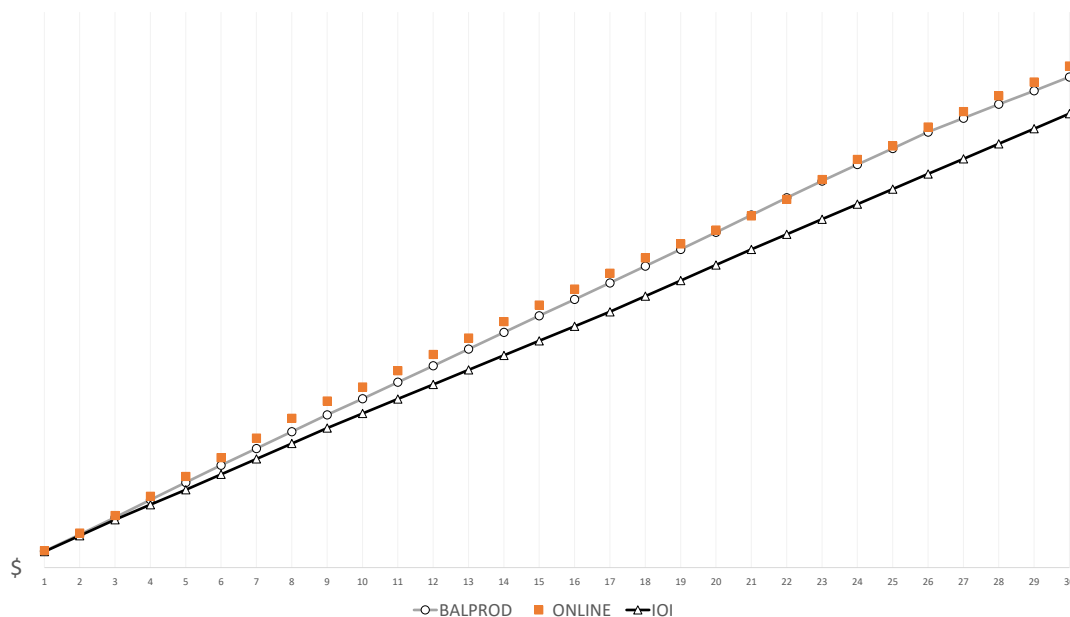


Figura 5.12: Resultados obtidos para a unidade de *Hydrocracking* no mês de abril de 2018

online como pelas margens do balanço de produção, contribuindo para a otimização da margem da Refinaria de Sines.

Platforming

Na unidade processual de *Platforming*, pela tabela 5.2 verifica-se que o *gap* económico face ao plano tem a mesma ordem de grandeza tanto no modelo online como no balanço de produção.

Os resultados obtidos acumulados para os meses de março e abril estão representados nas figuras 5.13 e 5.14:

Ao contrário do que é visível nos gráficos das unidades processuais anteriores, no *Platforming* as margens económicas obtidas no modelo online para o mês de março são visivelmente muito semelhantes às obtidas pelo balanço de produção. Ainda assim, existe uma pequena diferença no mês de Abril, ainda que tenha acompanhado a evolução mensal da margem de forma aceitável.

A análise mensal permitiu verificar que as margens económicas reais ficaram aquém do que estava planeado, assunto que será investigado posteriormente na Análise de Sensibilidade.

Alquilação

Para a unidade de Alquilação, nos meses de março e abril de 2018 vêm, respetivamente, os gráficos das figuras 5.15 e 5.16:

De uma forma geral, para os dois meses, o modelo online identificou um *gap* económico inferior ao que se verificou quando se utilizam os dados do balanço de produção. No

5.3. CASO DE ESTUDO: RESULTADOS DOS MESES DE MARÇO E ABRIL

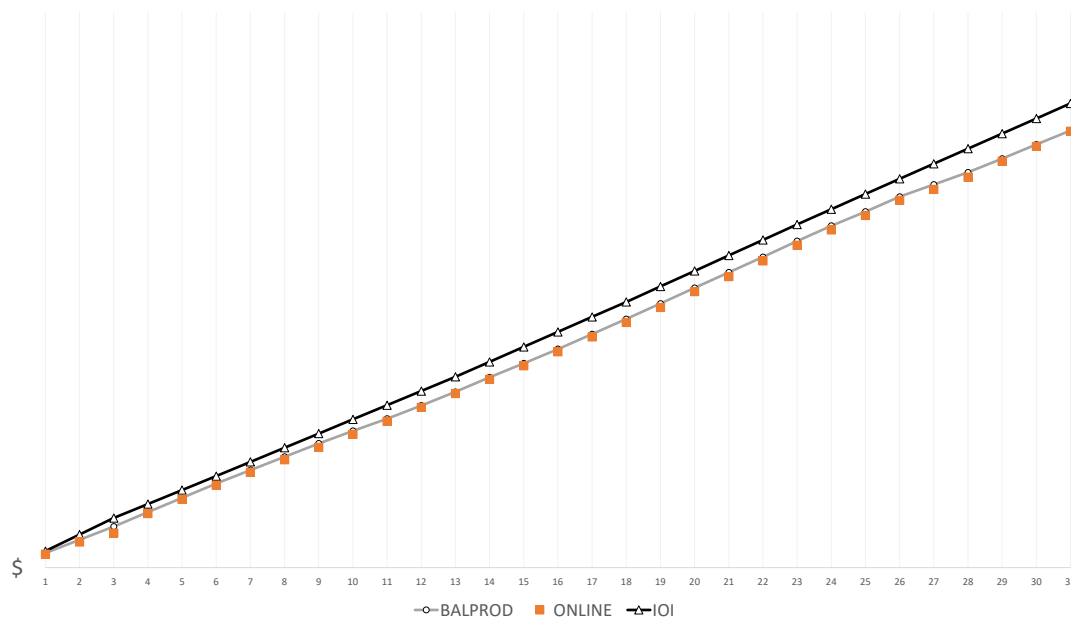


Figura 5.13: Resultados obtidos para a unidade de *Platforming* no mês de março de 2018

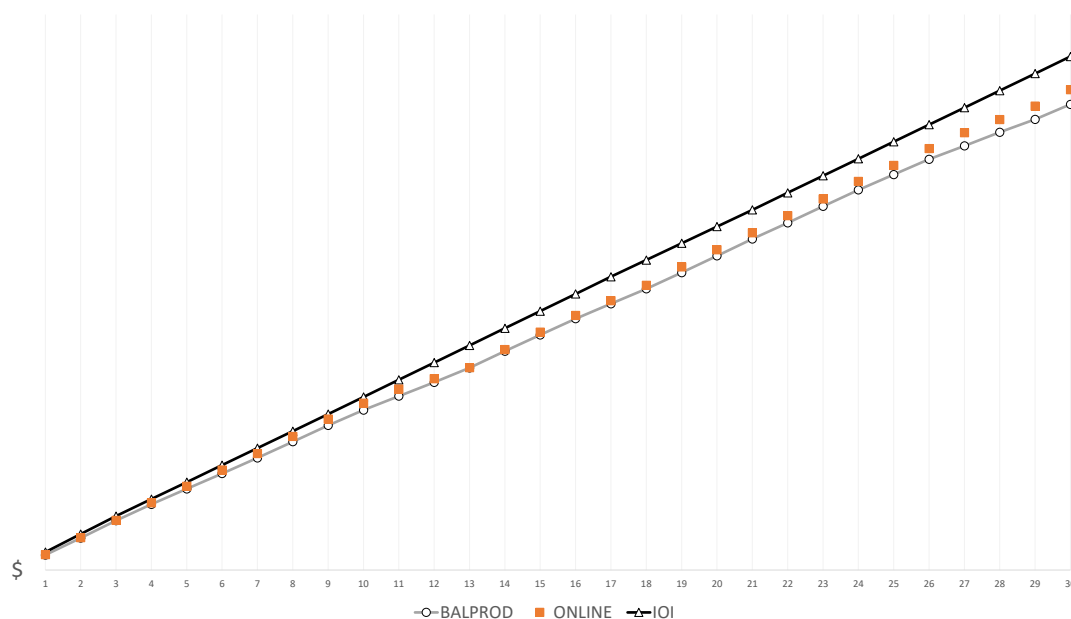


Figura 5.14: Resultados obtidos para a unidade de *Platforming* no mês de abril de 2018

entanto, para os dois meses é possível verificar que a performance económica da unidade foi superior ao que estava planeado. Esta diferença pode dever-se ao modelo económico online não estar bem ajustado, ou erros dos medidores, que vai ser discutido mais à frente.

É ainda importante referir que para a unidade de Alquilação, não é tida em conta a qualidade do produto principal (alquilado) para a margem calculada - característica identificável pelo *MON* (*Motor Octane Number*), por exemplo.

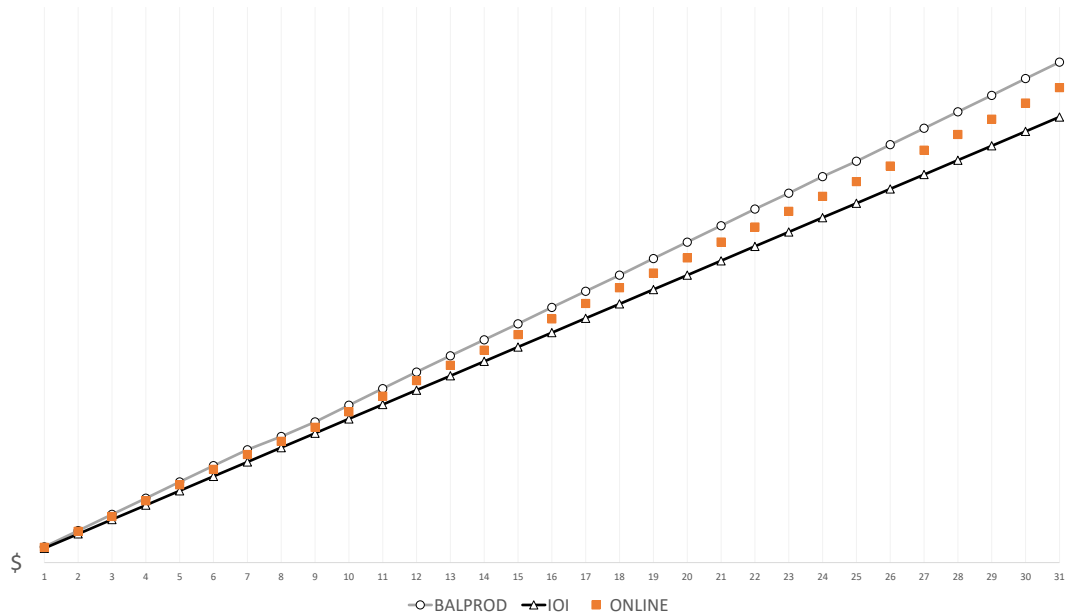


Figura 5.15: Resultados obtidos para a unidade de Alquilação no mês de março de 2018

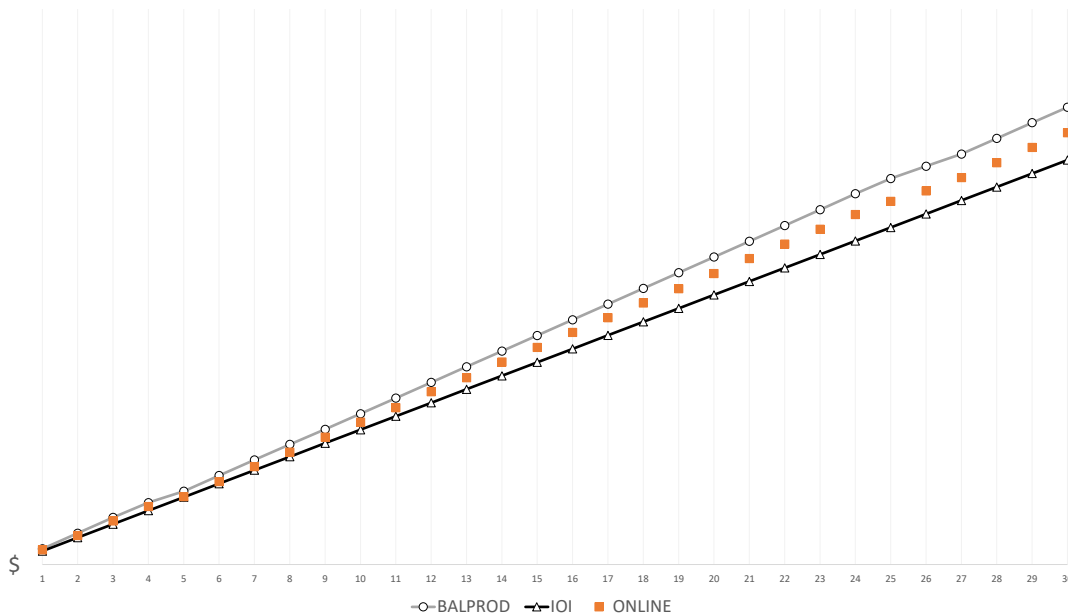


Figura 5.16: Resultados obtidos para a unidade de Alquilação no mês de abril de 2018

5.3.3 Erro do Modelo Online face ao Balanço de Produção

Com o objetivo de obter uma métrica mais tangível, relativamente ao quão perto o modelo online se aproxima dos resultados obtidos do balanço de produção, foi calculado o erro associado, utilizando a lógica da fórmula da MAD^9 (*Mean Absolute Deviation*) [64],

⁹Ver também definições de MAPE e MRE [62, 63]

5.3. CASO DE ESTUDO: RESULTADOS DOS MESES DE MARÇO E ABRIL

representada na equação (5.6):

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - m(X)| \quad (5.6)$$

Para aplicar este tipo de cálculo aos dados obtidos, foram inicialmente definidos os significados de cada variável. No cálculo deste erro, foi definido à partida que o valor apresentado seria relativo, ou seja, em percentagem. A variável n representada na equação (5.6), para este caso, é o número de dias no mês, x_i representa a diferença entre margem diária do modelo online e a margem diária planeada, enquanto que $m(X)$, em vez de representar a média, vai ser tomado como o valor de referência que, neste caso, é a diferença entre a margem diária obtida com os dados do balanço de produção e a margem diária planeada. Como o objetivo é representar o erro relativo, a diferença em módulo é ainda dividida pela diferença entre o valor de referência, ou seja, a diferença entre a margem diária obtida com os dados do balanço de produção e a margem diária planeada. A expressão aplicada está representada na equação (5.7):

$$Erro(\%) = \frac{1}{n^{\circ} \text{ de dias}} \sum_{i=1}^{n^{\circ} \text{ de dias}} \frac{|(ONLINE - PP) - (BALPROD - PP)|}{|BALPROD - PP|} \quad (5.7)$$

Através da expressão (5.7) é possível calcular os erros relativos em cada unidade para março e abril de 2018, fazendo a média dos erros relativos para cada dia. Os dados utilizados estão presentes no Apêndice C. Os erros obtidos para unidades estudadas estão representados na tabela 5.3:

Tabela 5.3: Erro médio em percentagem de cada unidade nos meses de março e abril de 2018

Erro Médio (%)	Março	Abril
FCC	3,9%	2,7%
Hydrocracker	2,9%	1,1%
Platforming	1,5%	1,0%
Alquilação	0,5%	0,5%
Média	2,2%	1,3%

Pelos dados da tabela 5.3 verifica-se que as unidades mais complexas como o FCC e o *Hydrocracker* apresentam erros mais elevados no modelo, pois o número de *tags* utilizadas é mais elevado e existem muitos fatores que levam a um maior erro. É ainda observável que existiu uma melhoria no modelo económico do mês de março para o mês de abril.

É possível ainda, para observação dos desvios ao plano de uma forma mais cuidada, representar graficamente estes *gaps* sendo possível determinar, com precisão, quais os dias em que existiram falhas no modelo online, ou mesmo na margem real como um todo (paragem ou problemas operacionais). Nos gráficos das figuras 5.17 e 5.18 estão representados os exemplos do FCC e do *Platforming*, respetivamente, para o mês de abril:

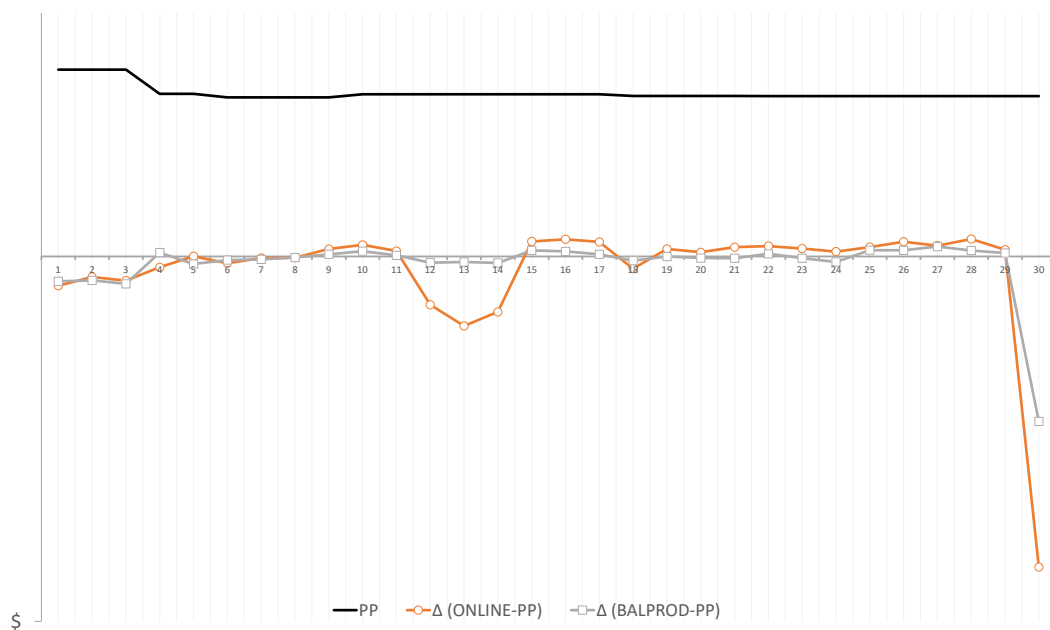


Figura 5.17: Desvio de margem online e balanço de produção em relação ao plano para a unidade de FCC no mês de abril de 2018

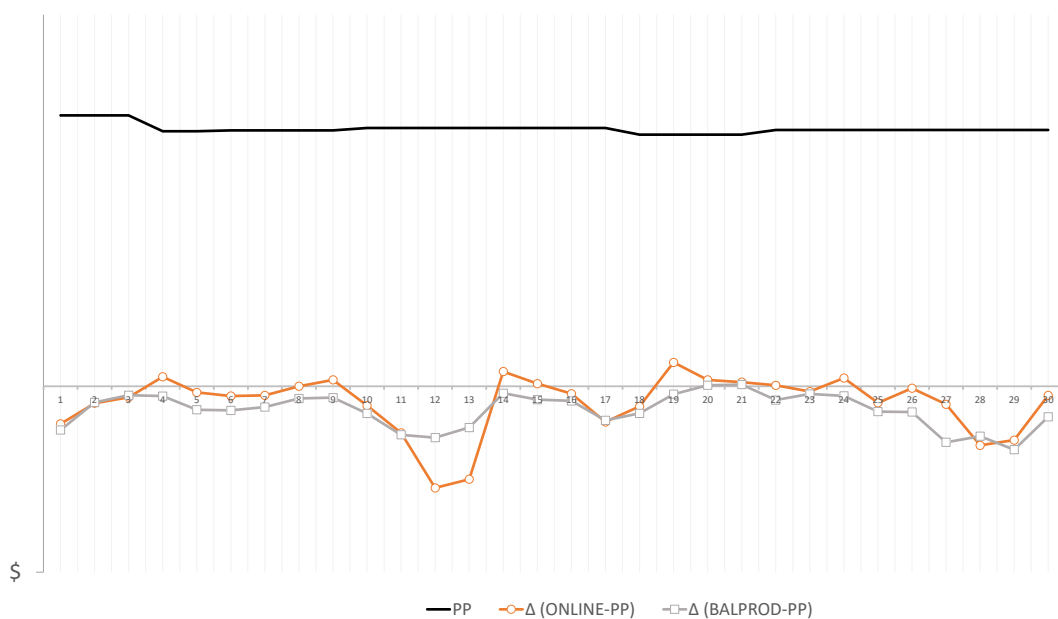


Figura 5.18: Desvio de margem online e balanço de produção em relação ao plano para a unidade de Platforming no mês de abril de 2018

Através dos gráficos das figuras 5.17 e 5.18 é possível identificar zonas e períodos de dias em que o modelo online ou o balanço de produção se tenha desviado mais evidentemente ao plano. Para além da diferença entre a margem real e a margem planeada para os dois casos, é ainda relevante mostrar como evoluiu a margem planeada e quantas alterações ao plano (ou quantos PPs) existiram durante o mês. Em certas unidades, aquando da

mudança do PP podem existir problemas operacionais que influenciem a margem, pelo que também é interessante verificar se existem quebras nas margens económicas nestes períodos.

No exemplo da análise das margens obtidas para o FCC no mês de abril (figura 5.17), é possível identificar com esta visualização mais momentos de quebra do que na análise anterior, em que era vista a margem acumulada. Um exemplo é o de dia 18 de abril, onde ocorre uma quebra na margem online bastante mais elevada do que na margem proveniente dos cálculos com o balanço de produção.

Os gráficos resultantes deste tipo de análise para as restantes unidades podem ser consultados no Apêndice C.

5.4 Análise de Sensibilidade

De uma forma geral, existem três grandes fatores que podem influenciar as margens económicas das unidades processuais:

1. Carga à unidade;
2. Rendimentos de produção;
3. C+Q (Consumos e Quebras) da unidade e eficiência energética inerente.

A variável de C+Q não vai ser tida em conta para a análise de sensibilidade *online*, pois o cálculo dos consumos utilizado na ferramenta, apesar de utilizar dados reais de carga, tem por base uma reta teórica estabelecida, pelo que a variável que se ia estar realmente a estudar seria a carga com um fator associado. Esse cálculo é realizado *a posteriori* com base no consumo real de combustível na Refinaria de Sines.

Enquanto que no caso da análise à carga, a variável é mais facilmente identificável - caso o caudal de carga fique abaixo do planeado, a solução óbvia passa por aumentar o caudal - no caso dos rendimentos da unidade existem muitas variáveis processuais características de cada unidade que podem estar relacionadas com os cortes dos produtos.

Esta análise mais cuidada será realizada para as unidades de FCC e *Hydrocracking*, pois são das unidades mais complexas e que mais contribuem para a margem de refinação, sendo as unidades *core* da Fábrica II e Fábrica III, respetivamente.

5.4.1 Análise à Carga

Nesta secção são avaliadas as diferenças na carga, tanto de forma total como repartida pelas diferentes correntes que a compõem, fazendo a comparação entre o plano e o real, podendo assim identificar desvios em determinadas correntes e propor soluções nesse sentido.

Em unidades onde a carga é composta por várias correntes com diferentes valorizações é importante ainda ver, de forma qualitativa¹⁰, quais as correntes que têm mais valor e de que forma podia ser otimizada a margem unitária de acordo os dados de carga obtidos.

FCC

Os resultados obtidos para a carga à unidade de FCC estão representados na tabela 5.4¹¹:

Tabela 5.4: Resultados obtidos para a carga ao FCC em milhares de toneladas nos meses de março e abril de 2018

	MARÇO			ABRIL		
FCC	Plano	Real	Δ	Plano	Real	Δ
VGO (+)	86,86	91,34	4,48	83,39	100,49	17,10
RAT (-)	102,72	102,01	-0,71	100,83	89,38	-11,45
Nafta VB (++)	2,44	1,14	-1,30	2,41	1,67	-0,73
Offgas (-)	-	2,63	2,63	-	2,96	2,96
Total	192,02	197,11	5,10	186,63	194,50	7,88

Em termos totais, é possível observar que a carga à unidade superou para ambos os meses o que continha o plano, indo de acordo, no mês de março, com o que foi a performance positiva da unidade (verificada na figura 5.9). No caso do mês de abril, em termos de carga, esta também foi de forma geral positiva.

Contudo, em ambos os casos, é importante analisar não só o total, mas também quais as correntes que foram alimentadas. É rapidamente verificado que, tanto no mês de março como no de abril, a alimentação de RAT (Resíduo Atmosférico) ficou aquém do esperado. Tendo em conta que o Resíduo Atmosférico está valorizado abaixo do VGO (Gasóleo de Vácuo), em relação à carga deveria ter-se alimentado mais RAT e menos VGO, sobretudo no mês de abril, baixando assim o custo da matéria-prima da unidade e aumentando a performance económica da mesma, não obstante a necessidade de maior *make-up* de catalisador.

Em ambos os meses, a Nafta de VB (*Visbreaker*) alimentada à unidade também ficou aquém do esperado, com especial impacto no mês de março, no entanto esta limitação foi devida a unidades a montante não terem maximizado a produção desta mesma corrente.

A análise para o mês de abril pode ter um desvio associado a um erro no principal medidor de Resíduo Atmosférico entre os dias 12 e 14 desse mês, o que levou a que grande parte desta corrente fosse contabilizada como Gasóleo de Vácuo, aumentando assim a diferença entre o real e o planeado quando comparado com o mês anterior.

¹⁰Devido ao carácter confidencial dos dados

¹¹Resultados obtidos em dólares presentes no apêndice C

Hydrocracker

Os resultados obtidos para a carga da unidade de *Hydrocracking* estão representados na tabela 5.5¹²:

Tabela 5.5: Resultados obtidos para a carga ao *Hydrocracker* em milhares de toneladas nos meses de março e abril de 2018

	MARÇO			ABRIL		
HC	Plano	Real	Δ	Plano	Real	Δ
VGO	195,83	203,49	7,66	188,70	198,03	9,33
H2	5,25	5,37	0,13	5,06	5,28	0,23
Total	201,08	208,86	7,78	193,75	203,31	9,56

No caso da unidade de HC e comparando também com os resultados obtidos da análise mensal nos gráficos das figuras (5.11 e 5.12 que demonstram performance positiva em ambos os meses, os resultados da tabela 5.5 indicam que, analisando somente a carga, a performance foi positiva, pois foram alimentada à unidade mais carga do que o planeado em ambos os meses.

Para o *Hydrocracker*, ao contrário do que foi feito para a unidade de FCC, não é lógico comparar a valorização das diferentes correntes que compõem a carga, pois neste caso as cargas não têm caudais semelhantes. Assim, é importante analisar apenas o caudal de total que é alimentado à unidade, tendo em conta que o VGO é a principal corrente de alimentação, e o Hidrogénio uma corrente secundária necessária para a reação.

Tendo por base apenas a carga à unidade de *Hydrocracking*, a análise mensal é corroborada pela análise de sensibilidade realizada aos meses de março e abril de 2018.

5.4.2 Análise aos Rendimentos Obtidos

Para além das cargas, é importante ainda verificar se os rendimentos obtidos, conseguindo assim comparar quais as correntes obtidas e o que poderia ser melhorado, consoante a sua valorização. É importante ainda entender que, para análise correta dos produtos obtidos, deve analisar-se em percentagem, removendo assim o fator de haver mais produto que o planeado, análise esta que já está subentendida na secção 5.4.1, pois se for alimentado demasiado caudal à unidade vai também existir mais produto total que o planeado.

Através da comparação dos rendimentos obtidos e sabendo à partida quais as variáveis processuais que afetam estes mesmos rendimentos, é possível entender o que poderia ou não ser melhorado nas unidades de FCC e *Hydrocracking*.

¹²Resultados obtidos em dólares presentes no apêndice C

FCC

Os dados obtidos para os rendimentos da unidade de FCC estão representados na tabela 5.6:

Tabela 5.6: Rendimentos obtidos para a unidade de FCC nos meses de março e abril de 2018

	MARÇO			ABRIL		
FCC	Plano	Real	Δ	Plano	Real	Δ
Fuelgás	5,8%	6,2%	0,4%	5,7%	5,8%	0,1%
Propileno	6,5%	6,0%	-0,5%	6,6%	6,3%	-0,3%
Butileno	10,4%	9,9%	-0,5%	9,9%	10,0%	0,1%
Gasolina de <i>Cracking</i>	44,8%	45,9%	1,1%	44,9%	47,3%	2,3%
<i>Swing-Cut</i>	6,0%	6,9%	0,9%	9,3%	7,8%	-1,5%
LCO	13,5%	13,2%	-0,3%	11,2%	10,5%	-0,7%
<i>Slurry</i>	6,5%	6,9%	0,4%	6,7%	7,0%	0,3%
Coque	6,4%	5,1%	-1,4%	5,6%	5,3%	-0,3%

Analisando os resultados que foram obtidos na tabela 5.6, é possível verificar que para ambos os meses o rendimento em Propileno ficou abaixo do planeado. Sendo esta uma das correntes mais valiosas originadas nesta unidade, é importante cumprir o planeado para a mesma, quer via fracionamento, quer via injeção de aditivos. Contudo, de uma forma geral, a performance em termos de rendimentos para esta unidade é positiva devido ao elevado valor obtido na corrente de Gasolina de *Cracking* (principal componente do *blending* de gasolinas exportadas para os EUA) - também esta uma das mais valiosas correntes da unidade - face ao que estava planeado.

No entanto, deve ser estudada a maximização da atividade do catalisador, assim como a injeção de aditivos específicos para promover a produção de correntes leves - tal como o Propileno e o Butileno - permitindo assim uma melhoria na margem económica da unidade. Estas alterações operacionais devem ser estudadas fazendo a ponte entre desgaste do equipamento, consumos energéticos, entre outros fatores.

Ainda para promover a produção da corrente de Propileno deve ser ainda estudada a introdução de aditivos que maximizam a produção desta corrente, e caso seja possível avançar com esta introdução operacionalmente, caso seja economicamente viável.

Hydrocracker

Os dados obtidos para os rendimentos da unidade de *Hydrocracking* estão representados na tabela 5.7:

No caso da unidade de *Hydrocracking*, a corrente que se pretende maximizar geralmente é a de JetFuel, seguida da de Gasóleo. No mês de março, relativamente a estas duas correntes, a performance foi positiva, tendo-se obtido rendimentos acima do planeado. No mês de abril houve um défice de cerca de 1% na corrente de *JetFuel* o que origina

Tabela 5.7: Rendimentos obtidos para a unidade de *Hydrocracking* nos meses de março e abril de 2018

	MARÇO			ABRIL		
HC	Plano	Real	Δ	Plano	Real	Δ
Fuelgás	3,0%	1,5%	-1,6%	3,1%	1,5%	-1,7%
LPG	2,3%	3,0%	0,7%	2,3%	4,0%	1,7%
Nafta Leve	7,1%	5,9%	-1,2%	7,2%	6,9%	-0,3%
Nafta Pesada	15,5%	15,8%	0,3%	18,5%	18,1%	-0,5%
JetFuel	23,5%	24,5%	1,0%	28,7%	27,7%	-1,0%
Gasóleo	42,8%	44,8%	2,0%	38,9%	39,8%	0,9%
UCO	5,7%	4,6%	-1,2%	1,3%	2,1%	0,8%

consequentemente um défice na margem obtida e na performance económica da unidade.

Como já foi referido anteriormente, a unidade de HC é mais susceptível a paragens nos medidores da mesma, pelo que os resultados podem ser fortemente influenciados por esses erros e paragens.

Sendo a unidade de *Hydrocracking* composta essencialmente por reatores de leito fixo (em regime *Trickle-Bed*), é uma unidade que trabalha a condições de temperatura e pressão muito elevadas, pelo que o maior controlo da severidade da reação seria uma hipótese a estudar para acertar os rendimentos como planeado. Por exemplo, em meses como o mês de abril, no qual existiu défice de muitos dos compostos mais leves da unidade, seria importante estudar um aumento da severidade da reação, ainda que este tenha de ser comparado com os restantes fatores e estudada a viabilidade económica desta alteração operacional.

6

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Com os avanços da tecnologia, a quantidade de dados gerados e as necessidades da indústria de refinação, é cada vez mais importante criar ferramentas que não só exprimem estes dados de forma sucinta e correta, mas que também sirvam de apoio à decisão, quer esta seja tomada na hora por operadores da refinaria, quer seja tomada pela gestão de topo.

Em muitas das indústrias, nos dias de hoje, existe uma dificuldade em exprimir dados económicos para todos os colaboradores e não só para a gestão e áreas relacionadas com a performance económica, pelo que é necessário que estas ferramentas não só sirvam de apoio à decisão, mas também que criem sensibilidade a quem lida com pequenas decisões diariamente e acompanha o processo em tempo real, entendendo o impacto das suas ações não só em quantidades físicas mas também em métricas económicas.

Utilizando como *software* para o seu desenvolvimento o *Miscrosoft Excel*, *Visual Basic for Applications* e *Aspen Process Explorer* foi possível desenvolver a ferramenta *SOP - Sines' Online Performance*, ferramenta esta que engloba todos os objetivos discutidos anteriormente, passando pela automatização de processos, visualização e elementos de apoio à decisão.

Foram criados *dashboards* para as unidades de Destilação Atmosférica, FCC, *Hydrocracker*, *Platforming* e Alquilação, contudo pode continuar a ser desenvolvido trabalho para as restantes unidades, de acordo com o que foi desenvolvido anteriormente visto que a estrutura principal e as funções estão criadas de forma genérica e fácil de replicar.

Após análise dos dados obtidos foi possível calcular os erros obtidos, de onde a análise às unidades de FCC, *Hydrocracker*, *Platforming* e Alquilação indicou um desvio de cerca de 2% no mês de março e de 1% no mês de abril.

Como trabalho futuro é proposto, como já foi dito, a continuação para as restantes unidades da refinaria, permitindo uma análise mais geral a todo o complexo e à margem

de refinação, assim como as unidades que mais contribuem para a mesma.

Tendo em conta que para o cálculo das margens é tido em conta um erro sistemático associado em cada medidor, seria importante haver uma maior atualização e manutenção do ficheiro que contem o controlo de erros.

Relativamente à ferramenta em si, seria importante quando ocorrem erros existissem *warnings* de algum tipo que estivessem documentados e com possibilidade de consulta direta em manual. Ainda acerca dos erros obtidos, aquando da análise mensal/análise de sensibilidade não deveriam ser tidos em conta as margens para os dias afetados, por não fazerem uma aproximação boa o suficiente ao que é obtido pelo balanço de produção aquando de paragens de unidades ou falhas nos medidores.

De forma a uniformizar a informação recolhida e gerada pelo programa *SOP*, seria importante coordenar a informação presente no ficheiro do Plano de Produção (IOI), mantendo as células utilizadas sempre com a informação no mesmo formato ou, mais futuramente, utilizar ferramentas como *Pivot Tables* ou outras ferramentas semelhantes para facilitar a importação de dados destes ficheiros. No caso do ficheiro de *Preços* é também importante uniformizar os nomes dos crudes com as siglas, para serem reconhecidos em qualquer ponto da refinaria; seria também importante a atualização dos produtos utilizados, pois muitos deles encontram-se repetidos e sem utilização. Poderia-se ainda recorrer a tabelas que permitissem organizar os diferentes produtos ou mesmo a siglas, à semelhança do que existe para os crudes processados na refinaria.

6.1 Futuro da Digitalização

Historicamente, revoluções industriais como a que está a ser implementada de momento com a visão da Indústria 4.0 representam oportunidades mas também elevados riscos para as mais diversas indústrias, dependendo principalmente dos investimentos que as empresas podem realizar nas tecnologias que vão sendo desenvolvidas cada vez mais rápido e ainda na colaboração a que estas estão dispostas. Para a correta implementação e sucesso da Indústria 4.0 é promovida maior partilha e comunicação entre as empresas de tecnologia, de forma a obter sistemas ótimos, tendo sempre, no entanto, limites definidos no que diz respeito à segurança de informações confidenciais [65].

6.1.1 Indústria 5.0

Tendo em conta a velocidade com que a tecnologia desenvolvida para utilização industrial evolui, não é surpreendente que ainda durante a fase de adaptação das maioria das empresas à Indústria 4.0, surjam já visões de como será a Indústria 5.0 e qual será o seu maior foco de interesse e as novidades que trará [66].

Enquanto que a ideologia da Indústria 4.0 assenta na conectividade e ligação entre as diferentes unidades que compõem determinada empresa, a visão 5.0 está relacionada com a colaboração total entre humanos e máquinas ou sistemas extremamente especializados

na realização de tarefas específicas. O exemplo mais estudado foi na indústria automóvel, onde a personalização de peças é um mercado que cresce de dia para dia, sendo necessário aumento da produção mas também da criatividade humana na sua criação e pensamento crítico na resolução de problemas [67, 68].

Num trabalho de pesquisa realizado pela *Accenture* em 2016 acerca de *Connected Industrial Workforce*, cerca de 85% dos administradores de empresas de produção inquiridos responderam que esperam que ambientes centrados na colaboração entre humanos e máquinas sejam comuns nas zonas de trabalho, já no ano de 2020 [69].

Apesar desta visão da Indústria 5.0 corresponder, de certa forma, à visão da empresa *Universal Robots* e não ser ainda um termo popularizado ou uma visão aceite pelo público geral, é uma ideologia que demonstra maior envolvimento dos humanos como parte do processo de produção do que esperado, tendo em conta as diferenças que se fizeram notar nesse aspeto entre as anteriores revoluções. É ainda estabelecida a relação de que o próximo passo (Indústria 6.0) passará por realizar estas interações entre humanos e máquinas através de uma *app* ou outro *software*, passando esta criatividade humana e pensamento crítico para sistemas complexos de AI (*Artificial Intelligence*) [67, 68].

6.1.2 Sociedade 5.0

Visão que surgiu no Japão, apresentada na CeBIT 2017, que é a maior feira internacional de comunicações e IT, pretende ir um passo mais longe que a Indústria 4.0 e aplicar esta mesma visão ao mundo real e à sociedade que o rodeia, passando de um panorama de evolução tecnológica nas indústrias de produção e no mundo económico, para um avanço da sociedade como um todo, aumentando o nível de comunicação e compreensão de todos os que a compõem [70]. A sociedade 5.0 é definida pelo governo japonês como uma sociedade centrada nas pessoas que balanceia os avanços económicos e tecnológicos com a resolução de problemas sociais existentes no país, através da integração de espaço digital com espaço físico [71].

A ideia de digitalizar os diferentes elementos utilizados na sociedade japonesa surgiu devido ao facto de as várias entidades governamentais reconhecerem que existe um atraso a nível do desenvolvimento da sociedade japonesa no que diz respeito à tecnologia e a fundos para desenvolvimento e implementação de ferramentas avançadas para utilização do "cidadão comum", tal como existem por exemplo na Estónia (*e-Estonia*), na Singapura (*Smart Nation*) [72].

A implementação da Sociedade 5.0 tem como objetivo a resolução de problemas sociais, tais como a redução e envelhecimento da população, os desastres naturais, terrorismo e problemas ambientais. Para resolução destes mesmos problemas, é adotado um sistema de quebra ou reestruturação das cinco "paredes" que uniam a sociedade anterior, definida como Sociedade 4.0 ou Sociedade de Informação. Assim, é possível entender o funcionamento das novas *trends* económicas e alterações disruptivas que se esperam que ocorram. Estas chamadas "paredes" são:

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

1. Ministros e Agências - formulação de estratégias nacionais, integrando a IoT na sociedade, com maior colaboração entre os diferentes setores do governo através de um sistema unificado;
2. Sistema Jurídico - desenvolvimento de regras para aplicações de informação e regulamentos para reformular sistemas;
3. Tecnologias - necessária promoção de tecnologias como por exemplo *cyber* segurança, robótica, AI (*Artificial Intelligence*) e melhoramento do ambiente relacionado com a inovação da ciência e tecnologia, mais nomeadamente aumentando o investimento em R&D (*Research and Development*);
4. Recursos Humanos - reformulação a nível educacional de forma a criar uma dinâmica de pensamento independente mas com constante colaboração, assegurando ainda um nível de formação de profissionais mais elevado;
5. Aceitação Social - assegurar um consenso social, mais nomeadamente a nível da visão dos *Stakeholders* e examinar problemáticas éticas e implicações sociais, tais como a relação entre AI e humanos e o quão longe estas podem chegar [73].

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Zurlo. “Connected data improves refinery operations”. Em: *DigitalRefining* 35.3 (2016), pp. 1–10.
- [3] F. Zezulka, P. Marcon, I. Vesely e O. Sajdl. “Industry 4.0 – An Introduction in the phenomenon”. Em: *IFAC-PapersOnLine* 49.25 (2016), pp. 8–12. ISSN: 24058963. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.12.002.
- [2] C. Gren. *Are We Ready For The Fourth Industrial Revolution?* 2017. URL: <https://www.industryleadersmagazine.com/ready-fourth-industrial-revolution/>. Acedido a: 22-12-2017.
- [4] L. Yang. “Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues”. Em: *Journal of Industrial Information Integration* 6 (2017), pp. 1–10. ISSN: 2452414X. DOI: 10.1016/j.jii.2017.04.005.
- [5] E. Habibi. *Industrial IoT: An Opportunity for Fast-Moving Innovators; a Threat to Slow-Moving Dinosaurs*. 2016. URL: <https://industrial-iot.com/2016/01/industrial-iot-an-opportunity-for-fast-moving-innovators-a-threat-to-slow-moving-dinosaurs/>. Acedido a: 20-12-2017.
- [6] R. Davies. *Industry 4.0 - Digitalisation for productivity and growth*. European Parliament, 2015.
- [7] S. P. Forum. *Digital Transformation of European Industry and Enterprises*. Digital Entrepreneurship, 2015.
- [8] M. Hermann, T. Pentek e B. Otto. “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios”. Em: *System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference* (2016). ISSN: 1530-1605. DOI: 10.1109/HICSS.2016.488.
- [9] H. Kagermann. “Change Through Digitization — Value Creation in the Age of Industry 4.0”. Em: 1ª ed. Springer Gabler, Wiesbaden, 2015. Cap. 1, pp. 23–45. ISBN: 978-3-658-05013-9. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-658-05014-6_2.
- [10] T. M. Hessman. *The Dawn of the Smart Factory*. 2013. URL: <http://www.industryweek.com/print/29390>. Acedido a: 21-12-2017.
- [11] M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel e M. Harnisch. *Industry 4.0 - The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group, 2015.

- [12] D. Floyer. *Defining and Sizing the Industrial Internet*. 2013. URL: http://wikibon.org/wiki/v/Defining_and_Sizing_the_Industrial_Internet. Acedido a: 21-12-2017.
- [13] M. Spelman, B. Weinelt, P. Gomez, R. van Heusden, R. Siyam, M. Ashraf, V. Chidambaram, J. Collins, A. Khan, W. Popp, A. Shah, P. Agrawal e S. Shroff. *White Paper: Digital Transformation Initiative - Oil and Gas Industry*. World Economic Forum em colaboração com Accenture, 2017.
- [14] i Scoop. *Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0*. 2016. URL: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/>. Acedido a: 21-12-2017.
- [15] G. Schuh, R. Anderl, J. Gausemeier, M. ten Hompel e W. Wahlster. *Industrie 4.0 Maturity Index - Managing the Digital Transformation of Companies*. acatech – National Academy of Science e Engineering, 2017.
- [16] B. Gärtner. *Schritt für Schritt zur Industrie 4.0*. 2017. URL: <https://www.i40-magazin.de/allgemein/der-industrie-4-0industrie-4-0-maturity-index/>. Acedido a: 22-12-2017.
- [17] *What Is IIoT?* URL: <https://inductiveautomation.com/what-is-iiot>. Acedido a: 21-12-2017.
- [18] L. D. Bernardini. *Industry 4.0 or Industrial Internet of Things — What’s Your Preference?* 2015. URL: <https://www.automationworld.com/industry-40-or-industrial-internet-things-whats-your-preference>. Acedido a: 22-12-2017.
- [19] i Scoop. *The Industrial Internet of Things (IIoT): the business guide to Industrial IoT*. 2016. URL: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/>. Acedido a: 22-12-2017.
- [20] P. Daugherty e B. Berthon. *Winning with the Industrial Internet of Things*. Accenture, 2015.
- [21] Accenture e GE. *Industrial Internet Insights Report*. Accenture, 2015.
- [22] S. H. Plimpton. *Cyber-Physical Systems (CPS)*. National Science Foundation (NSF), 2007.
- [23] S. H. Plimpton. *Cyber-Physical Systems (CPS)*. National Science Foundation (NSF), 2017.
- [24] K. Schweichhart. *Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0) - An Introduction*. Plattform Industrie 4.0, 2016.
- [25] O. M. Yigitbasioglu e O. Velcu. “A review of dashboards in performance management: Implications for design and research”. Em: *International Journal of Accounting Information Systems* 13.1 (2012). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2011.08.002>.

- [26] O. Velcu-Laitinen e O. M. Yigitbasioglu. "The Use of Dashboards in Performance Management: Evidence from Sales Managers". Em: *The International Journal of Digital Accounting Research* 12 (2012). ISSN: 1577-8517. DOI: 10.4192/1577-8517-v12_2.
- [27] W. W. Eckerson. *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business*. 2ª ed. John Wiley & Sons, 2010. ISBN: 978-0-470-58983-0.
- [28] N. Smith. *Designing and Building Great Dashboards - 6 Golden Rules to Successful Dashboard Design*. 2015. URL: <https://www.geckoboard.com/blog/building-great-dashboards-6-golden-rules-to-successful-dashboard-design/#.WkZIDa14jIX>. Acedido a: 29-12-2017.
- [29] F. Burstein e C. W. Holsapple. "Handbook on Decision Support Systems". Em: 1ª ed. Vol. 2. Springer, 2008. Cap. 45, pp. 175–195. ISBN: 978-3-540-48715-9.
- [30] G. Vizgaitytė e R. Skyrius. "Business Intelligence in the Process of Decision Making: Changes and Trends". Em: *Ekonomika* 91.3 (2012). ISSN: 1392-1258.
- [31] J. Morio. *Linking Business Intelligence to Strategy*. College of Business - Northern Illinois University, 2014.
- [32] R. Pinotti, A. C. Zanin e L. F. L. Moroa. "Advanced Control Monitoring in Petrobras' Refineries: Quantifying Economic Gains on a Real-Time Basis". Em: *18th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE 18* 1 (2008), pp. 495–500.
- [33] L. Columbus. *Tableau vs QlikView vs Microsoft Power BI*. 2017. URL: <https://selecthub.com/business-intelligence/tableau-vs-qlikview-vs-microsoft-power-bi/>. Acedido a: 05-03-2018.
- [34] R. Williams. "Real-Time Systems Development". Em: 1ª ed. Elsevier, 2006. Cap. 1, pp. 5–6. ISBN: 978-0-7506-6471-4.
- [35] COPA-DATA. *Interface homem-máquina (HMI)*. URL: <https://www.copadata.com/pt/solucoes-hmi-scada/interface-homem-maquina-hmi/>. Acedido a: 19-12-2017.
- [36] C. Gonzalez. *What are Human Machine Interfaces and Why Are They Becoming More Important?* 2015. URL: <http://www.machinedesign.com/iot/what-are-human-machine-interfaces-and-why-are-they-becoming-more-important>. Acedido a: 19-12-2017.
- [37] P. Gruhn. *Human Machine Interface (HMI) Design: The Good, The Bad, and The Ugly (and what makes them so)*. ICS Triplex | Rockwell Automation, Houston, TX, 2011. 66th Annual Instrumentation Symposium for the Process Industries.
- [38] S. Lanoue. *UI vs. UX: What's the difference between user interface and user experience?* 2016. URL: <https://www.usertesting.com/blog/2016/04/27/ui-vs-ux/>. Acedido a: 29-12-2017.

- [39] J. Porter. *Principles of User Interface Design*. 2017. URL: <http://bokardo.com/principles-of-user-interface-design/>. Acedido a: 29-12-2017.
- [40] E. Wong. *User Interface Design Guidelines: 10 Rules of Thumb*. 2017. URL: <https://www.interaction-design.org/literature/article/user-interface-design-guidelines-10-rules-of-thumb>. Acedido a: 29-12-2017.
- [41] A. Cotgreave. *7 tips and tricks from the dashboard experts*. 2017. URL: <https://www.tableau.com/about/blog/2017/10/7-tips-and-tricks-dashboard-experts-76821>. Acedido a: 08-01-2018.
- [42] A. Kriebel. *A New Way to Visualize an Income Statement*. 2017. URL: <http://www.vizwiz.com/2017/07/income-statement.html>. Acedido a: 08-01-2018.
- [43] *Refinaria de Sines*. 2017. URL: <http://www.galpenenergia.com/PT/agalpenenergia/os-nossos-negocios/Refinacao-Distribuicao/ARL/Refinacao/RefinariaSines/Paginas/Refinaria-de-Sines.aspx>. Acedido a: 10-01-2018.
- [44] A. Brito. *Estamos apetrechados para competir com as melhores do mundo*. 2014. URL: <https://www.publico.pt/2014/06/08/economia/noticia/-estamos-apetrechados-para-competir-com-as-melhores-do-mundo-1639114>. Acedido a: 10-01-2018.
- [45] *Data Book de Segurança, Saúde e Ambiente - Refinaria de Sines*. Galp, 2013.
- [46] *Refining*. URL: https://www.energyinst.org/_uploads/documents/session-4-refining-addendums-2012.pdf?_sm_au_=iVVSFVD8ntsQpN5q. Acedido a: 14-12-2017.
- [47] *Energy Markets, Policy, and Regulation*. 2016. URL: https://www.e-education.psu.edu/eme801/node/514?_sm_au_=iVVSFVD8ntsQpN5q. Acedido a: 14-12-2017.
- [48] I. M. Organization. *The 2020 global sulphur limit*. IMO, 2016.
- [49] *Fundamentos de refinação*. 2015. URL: <http://www.galpenenergia.com/PT/agalpenenergia/os-nossos-negocios/Refinacao-Distribuicao/ARL/Refinacao/Paginas/Didatico-Refinacao.aspx>. Acedido a: 14-12-2017.
- [50] Microsoft. *Wildcard characters*. URL: <https://support.office.com/en-us/article/wildcard-characters-ef94362e-9999-4350-ad74-4d2371110adb>. Acedido a: 11-01-2018.
- [51] Microsoft. *Dir Function*. 2018. URL: <https://msdn.microsoft.com/en-us/vba/language-reference-vba/articles/dir-function>. Acedido a: 15-01-2018.
- [52] Microsoft. *RIGHT, RIGHTB functions*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/right-rightb-functions-240267ee-9afa-4639-a02b-f19e1786cf2f>. Acedido a: 08-01-2018.
- [53] Microsoft. *LEFT, LEFTB functions*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/left-leftb-functions-9203d2d2-7960-479b-84c6-1ea52b99640c>. Acedido a: 08-01-2018.

- [54] Microsoft. *MID, MIDB functions*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/mid-midb-functions-d5f9e25c-d7d6-472e-b568-4ecb12433028>. Acedido a: 08-01-2018.
- [55] Microsoft. *LEN, LENB functions*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/len-lenb-functions-29236f94-cedc-429d-affd-b5e33d2c67cb>. Acedido a: 05-01-2018.
- [56] Microsoft. *VALUE function*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/value-function-257d0108-07dc-437d-ae1c-bc2d3953d8c2>. Acedido a: 09-01-2018.
- [57] Microsoft. *INDEX function*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/index-function-a5dcf0dd-996d-40a4-a822-b56b061328b>. Acedido a: 05-01-2018.
- [58] Microsoft. *MATCH function*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/match-function-e8dffd45-c762-47d6-bf89-533f4a37673a>. Acedido a: 05-01-2018.
- [59] DeskBright. *Using INDEX MATCH*. 2017. URL: <https://www.deskbright.com/excel/using-index-match/>. Acedido a: 14-12-2017.
- [60] Microsoft. *IF function*. 2018. URL: <https://support.office.com/en-us/article/if-function-69aed7c9-4e8a-4755-a9bc-aa8bbff73be2>. Acedido a: 15-01-2018.
- [61] N. R. Tague. "The Quality Toolbox". Em: 2^a ed. ASQ Quality Press, 2005, pp. 390–392. ISBN: 978-0-87389-639-9.
- [62] A. de Myttenaere, B. Golden, B. L. Grand e F. Rossi. "Mean Absolute Percentage Error for Regression Models". Em: *arX* (2017).
- [63] D. Wiki. *Mean relative error*. 2016. URL: http://www.debtheory.org/wiki/index.php?title=Mean_relative_error. Acedido a: 7-02-2018.
- [64] K. Academy. *Mean absolute deviation*. 2017. URL: <https://www.khanacademy.org/math/statistics-probability/summarizing-quantitative-data/other-measures-of-spread/a/mean-absolute-deviation-mad-review>. Acedido a: 3-02-2018.
- [65] B. Leukert. *Digitalization, Industry 4.0 and the Future of Industrial Production*. 2017. URL: <https://blogs.sap.com/2017/09/18/digitalization-industry-4.0-and-the-future-of-industrial-production/>. Acedido a: 02-01-2018.
- [66] C. Atwell. *Yes, Industry 5.0 is Already on the Horizon*. 2017. URL: <http://www.machinedesign.com/industrial-automation/yes-industry-50-already-horizon>. Acedido a: 08-01-2018.
- [67] E. H. Østergaard. *Industry 5.0 – Return of the human touch*. 2016. URL: <https://blog.universal-robots.com/industry-50-return-of-the-human-touch>. Acedido a: 08-01-2018.

BIBLIOGRAFIA

- [68] U. Robots. *Industry 5.0: The Factory of the Future*. 2017. URL: <https://blog.universal-robots.com/industry-5.0-the-factory-of-the-future>. Acedido a: 08-01-2018.
- [69] *Machine Dreams - Making the most of the Connected Industrial Workforce*. Accenture, 2016.
- [70] i Scoop. *From Industry 4.0 to Society 5.0: the big societal transformation plan of Japan*. 2017. URL: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0-society-5-0/>. Acedido a: 02-01-2018.
- [71] C. O. G. of Japan. *Society 5.0*. 2016. URL: http://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html. Acedido a: 02-01-2018.
- [72] C. 2017. *Society 5.0: Japan's digitization*. 2017. URL: <http://www.cebit.de/en/news-trends/news/society-5-0-japans-digitization-779>. Acedido a: 02-01-2018.
- [73] Keidanren. *Toward realization of the new economy and society - Reform of the economy and society by the deepening of "Society 5.0"*. Japan Business Federation, 2016.



CÓDIGO VBA

Apêndice confidencial



VISUALIZAÇÃO E OPÇÕES EM EXCEL

Apêndice confidencial.

APÊNDICE



ANÁLISE MENSAL E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Apêndice confidencial.

INSTRUÇÕES DE UTILIZAÇÃO/MANUTENÇÃO DA FERRAMENTA *SOP*

I.1 Início de Utilização da Ferramenta

Tendo em conta que o ficheiro tem o objetivo de ser utilizado de forma pública e por todos os colaboradores, este deve ser colocado numa pasta partilhada pública. Cada vez que é efetuada uma mudança de pasta nos ficheiros deve ser tida em conta a necessidade de atualizar todos os *paths* dos ficheiros e garantir que os ficheiros *Master* e *Funções Leitura* se encontram na mesma pasta. Os *paths* a alterar estão na sua grande parte no ficheiro *Funções Leitura* e em alguns dos módulos desenvolvidos inerentes ao ficheiro *Master*. A hierarquia dos ficheiros utilizados no programa deve ser mantida segundo a figura I.1:

Apesar do programa poder ser utilizado de forma "pública"(dentro da refinaria) os ficheiros de IOI, Preços e PL devem estar ocultos ou em pastas de acesso restrito. Contudo, como estes ficheiros são apenas utilizados para determinar a margem teórica, apenas serão utilizados pelos colaboradores com acesso à pasta onde estes estão localizados, definindo assim os dois tipos de utilizadores da ferramenta:

- Utilizador Comum (Visualização) - Colaborador que pretende apenas obter informações relativamente às margens de cada uma das unidades face ao planeado.
- Utilizador Avançado (Manutenção) - Colaborador com permissão para alterar funções na ferramenta, assim como atualizar os dados do plano assim como preços e com possibilidade para futuro desenvolvimento.

Outro fator que é importante garantir aquando da utilização da ferramenta *SOP* num dispositivo diferente do qual foi utilizado para o seu desenvolvimento é o da localização do *add-in* que permite importar dados do *software Aspen Process Explorer* diretamente para

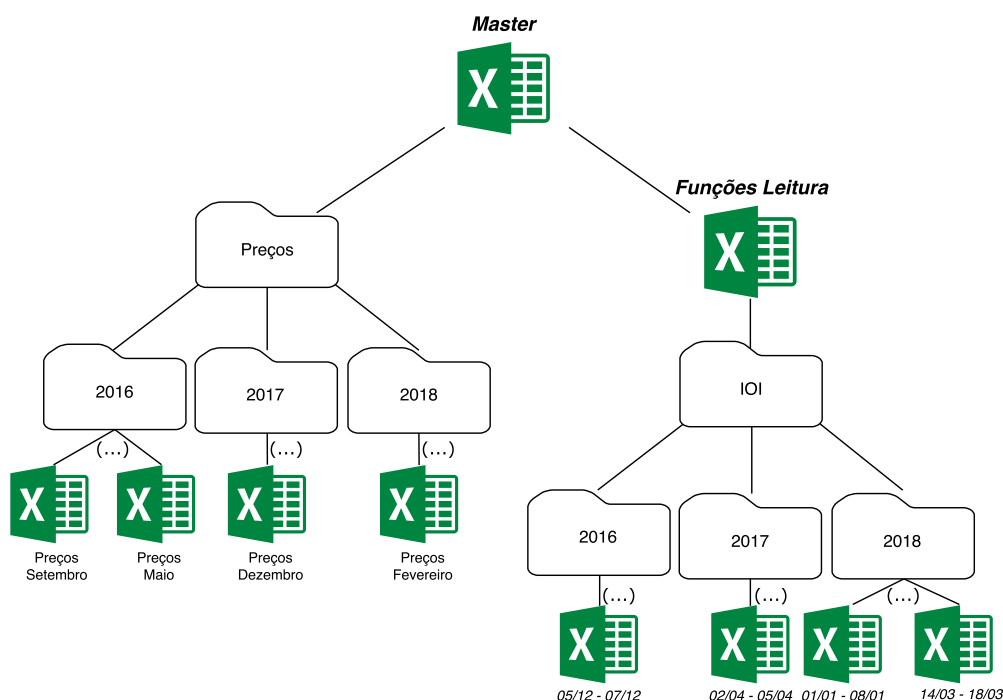


Figura I.1: Arquitetura do programa relativamente às tarefas de automatização

o *Excel*. Caso o *add-in* não esteja no local equivalente, o ficheiro *Master* não vai retirar os dados, pelo que vão apenas surgir erros em vez dos valores esperados nos *dashboards*.

I.2 Manutenção/Deteção de Erros Comuns

A manutenção básica da ferramenta passa pela utilização dos botões definidos na página inicial do ficheiro *Master*: *Atualizar IOI*, *Atualizar Preços*, *Atualizar PL*.

Existem erros que, apesar de não estarem documentados na própria plataforma, são previsíveis:

- Margem unitária/horária da unidade de Destilação Atmosférica muito acima do esperado - Normalmente está relacionado com a falha na deteção de uma das correntes de crude presentes no IOI. Assim, basta completar no ficheiro *Funções Leitura* na tabela de correspondência dos nomes de crudes;
- Ausência de valores num *dashboard* de unidade - Relacionado com erros nos mediadores mas por vezes pode simplesmente existir um erro de cálculo nas páginas da unidade, pelo que deve ser investigado nas páginas que tiram dados diretamente do *Apen Process Explorer* (do ficheiro *Master*);
- Erros na utilização dos botões da página inicial da ferramenta - Possivelmente relacionados com os nomes dos ficheiros que contêm os dados de IOI, Preços ou PL, pelo que deve ser investigado qual o ficheiro com nome diferente e ser corrigido. Caso

passar a ser esta a norma na designação dos ficheiros, alterar o *path* onde necessário e proceder à atualização dos nomes dos ficheiros antigos para manter a possibilidade de consulta de dados históricos através da ferramenta;

- Aspeto geral do *dashboard* diferente do espetável - Por vezes devido ao incorreto funcionamento da função que efetua ajuste à resolução de ecrã detetada, é necessário utilizar o botão de *update* presente em todas as folhas da ferramenta para correto ajuste das formas detetadas e das informações presentes no *display*.

I.3 Desenvolvimento Futuro

Como o objetivo da ferramenta será o de conter *dashboards* para as principais unidades da Refinaria de Sines, a plataforma SOP está desenvolvida de forma a simplificar a introdução de novas unidades. Para isso basta seguir os mesmos passos utilizados para introdução das unidades já presentes:

- Identificação das *tags* presentes no *Aspen Process Explorer* para contabilização de correntes;
- Efetuar balanço à unidade e avaliar potenciais melhorias ou alternativas às *tags* utilizadas, tendo em conta o fator erro de cada medidor;
- Criar folha que retira dados dos cálculos efetuados, servindo de ponte para os resultados demonstrados no *dashboard*;
- Acrescentar consumos energéticos através da reta de consumo correspondente à unidade processual que se está a tratar, por forma a acrescentar essa informação aos cálculos realizados;
- Criar os dois *dashboards* para a unidade, um que contemple consumos energéticos e outro que não tenha esta informação;
- Acrescentar código VBA para funcionamento correto do indicador de margem (forma verde/vermelha presente em todos os *dashboards*) e acrescentar manualmente ajuste do ecrã com o módulo *m_Snapshot_View*.